

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

« _____ » _____ 201 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки 133 – Галузеве машинобудування

на тему: моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні
екструдера

Студент групи *IV к. ЛП-61-1*
(шифр групи)

Горобчук Віктор Миколайович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник проекту:

кандидат технічних наук, доцент, Чемерис Андрій Олегович
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультанти

ТЕХ. МАШ. _____ **С.О. Борщик**
ПЕРЕВІРКА НА СХОЖІСТЬ _____ **В.Ю. Щербина**
РЕЦЕНЗЕНТ _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних
посилань.

Студент (-ка)

Київ 2020 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування - для студентів групи ЛП-61-1 - Інжиніринг, обладнання та технології виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

«___» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Горобчук Віктор Миколайович

1. Тема проекту *«моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера»*, керівник проекту *Чемерис Андрій Олегович*, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від 25.05.2020 р. № 1145-с

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2020р.

3. Вихідні дані до проекту

.....

4. Зміст пояснювальної записки

5. Графічний матеріал

.....

.....

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Тех. машино будув.	Борщик О.С.		
Перевірка на схожість	Щербина В.Ю.		

Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ. Технічна характеристика.	06.02.2020-12.02.2020	
2.	Призначення і галузь застосування.	13.02.2020-20.02.2020	
3.	Опис конструкції та принцип дії.	21.02.2020-26.02.2020	
4.	Літературно-патентний огляд.	27.02.2020-16.02.2020	
5.	Розрахунки.	22.03.2020-06.06.2020	
6.	Охорона праці.	25.05.2020-07.06.2020	
7.	Технологія машинобудування.	21.05.2020-07.06.2020	
8.	Висновки.	07.06.2020-10.06.2020	
9.	Графічна частина.	23.04.2020-03.06.2020	

Студент

Горобчук В.М.

Керівник проекту

Чемерис А.О.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «модельовання поведінки потоку полімерних
гранул в робочій зоні екструдера»**

Київ – 2020 рік

ЗМІСТ

Реферат (українська мова).....	1
Реферат (іноземна мова).....	1
Реферат (російська мова).....	1
Перелік умовних позначень	1
Пояснювальна записка.....	29
Розділ «Розрахунки».....	18
Розділ «Технологія машинобудування».....	13
Перелік використаних джерел інформації	2
Додаток А. Таблиця патентів	1
Додаток Б. Лістинг програм розрахунку	2
Додаток В. Специфікації	4
Додаток Г. Тези.....	8

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реферат

Об'єкт розробки та проектування - моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера.

Мета проекту – розробка, проектування та дослідження згідно технічного завдання, моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера на базі ЧП 45x25, на основі уже існуючих досліджень, визначення можливостей.

Пояснювальна записка дипломного проекту складається зі вступу, 3 розділів, висновків, літератури з 23 джерел та 4 додатків, 39 рис., 2 табл. Загальний обсяг записки становить ? сторінок. Графічна частина вміщує ? креслень.

Проект містить технологічний процес виготовлення труб з ПЕ, його призначення та технологічну схему.

В роботі представлені технічні характеристики, розглянуті конструкція і принцип дії агрегату для виготовлення труб з ПЕ, проведені параметричні, кінематичні, теплові розрахунки і розрахунки міцності черв'яка, які підтверджують ефективність і надійність роботи машини.

У проекті було зроблено літературно-патентний пошук на тему моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера.

Також дипломний проект бакалавра розглядає відповідність розробленого верстата вимогам охорони праці і дає рекомендації по установці і експлуатації пристрою перед виготовленням півмуфти.

Ключові слова: ЕКСТРУДЕР, ВИКРОБНИЦТВО ТРУБ З ПЕ, ПОТІК ПОЛІМЕРІВ, ЕКСТРУЗИЯ.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

The object of development and design - modeling the behavior of the flow of polymer granules in the working area of the extruder.

The purpose of the project - development, design and research according to the terms of reference, modeling the behavior of the flow of polymer granules in the working area of the extruder on the basis of PE 45x25, based on existing research, identifying opportunities.

The explanatory note of the diploma project consists of an introduction, 3 chapters, conclusions, literature from 23 sources and 6 appendices, 39 figures, 1 table. The total volume of the note is ? pages. Does the graphic part fit ? drawings.

The project contains the technological process of manufacturing PE pipes, its purpose and technological scheme.

The paper presents the technical characteristics, considered the design and principle of operation of the unit for the manufacture of pipes made of PE, performed parametric, kinematic, thermal calculations and calculations of the strength of the worm, which confirm the efficiency and reliability of the machine.

The project made a literature-patent search on the topic of modeling the behavior of the flow of polymer granules in the working area of the extruder.

Also the bachelor's diploma project considers conformity of the developed machine to requirements of labor protection and gives recommendations on installation and operation of the device before production of a half-coupling.

Key words: EXTRUDER, MANUFACTURE OF PE PIPES, FLOW OF POLYMERS, EXTRUSION.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реферат

Объект разработки и проектирования - моделирование поведения потока полимерных гранул в рабочей зоне экструдера.

Цель проекта - разработка, проектирование и исследование согласно технического задания, моделирование поведения потока полимерных гранул в рабочей зоне экструдера на базе ЧП 45х25, на основе уже существующих исследований, определения возможностей.

Пояснительная записка дипломного проекта состоит из введения, 3 глав, заключения, литературы из 23 источников и 6 приложений, 39 рис., 1 табл. Общий объем записки составляет ? страниц. Графическая часть содержит ? чертежей.

Проект содержит технологический процесс изготовления труб из ПЭ, его назначения и технологическую схему.

В работе представлены технические характеристики, рассмотрены конструкция и принцип действия агрегата для изготовления труб из ПЭ, проведенные параметрические, кинематические, тепловые расчеты и расчеты прочности червяка, подтверждающие эффективность и надежность работы машины.

В проекте было сделано литературно-патентный поиск на тему моделирования поведения потока полимерных гранул в рабочей зоне экструдера.

Также дипломный проект бакалавра рассматривает соответствие разработанного станка требованиям охраны труда и дает рекомендации по установке и эксплуатации устройства перед изготовлением полумуфты.

Ключевые слова: ЭКСТРУДЕР, ВИКРОБНИЦТВО ТРУБ С ПЭ, ПОТОК ПОЛИМЕРОВ, экструзии.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ

Умовні скорочення:

ЧП – черв'ячний прес

Умовні позначення:

D, d – діаметри, м;

L, l – довжини, м;

H, h – висоти, м;

P – потужність нагрівників, кВт;

N – потужність, кВт;

T – температура матеріалу, $^{\circ}C$;

– коефіцієнт тепловіддачі, ;

F – площа, ;

δ – радіальний зазор між корпусом і черв'яком, м;

ΔP – перепад тиску, Па;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій
зоні екструдера

Київ – 2020 року

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ

1. Призначення та застосування екструдера на базі ЧП 45х25
2. Технічна характеристика черв'ячного преса 45х25
3. Опис конструкції екструдера на базі ЧП45х25
4. Літературний та патентний огляд
5. Охорона праці
 - 5.1. Повітря робочої зони
 - 5.2. Електробезпека
 - 5.3. Безпека від впливу частин, що рухаються або обертаються.
 - 5.4. Шум і вібрація
 - 5.5. Пожежна безпека
6. Очікувані механіко-економічні показники

Висновки

Література

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Метою виконання дипломної роботи є дослідження поведінку потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера.

Екструдер – це машина для виготовлення однорідного розплаву с гранульованого матеріалу і подальшому формування з нього різних виробів.

Складається з таких деталей:

- корпус;
- робочий орган(шнек, поршень або диск);
- бункер
- привод
- головки
- контрольно-вимірювальні пристрої;
- регулюючі пристрої.

Поліетилен – це карбоцепний полімер, що відноситься до ряду етилену та є одним з найпоширеніших пластиків у світі. Він хімічно стійкий, має діелектричні властивості, малотоксичний і при підвищених температурах високу міцність. Не старіє під дією ультрафіолетового випромінювання.

1.Призначення та застосування екструдера на базі ЧП 45х25

За допомогою черв'ячного преса 45х25 можливо виготовити багато різних виробів, серед яких:

- труби;
- профілі;
- сітка;
- плівка;
- контейнери.

Одним з варіантів переробки та утилізації уже використаних полімерів є створення з них товстостінних труб, що дає змогу постійно перетворювати відходи промисловості та побуту у вироби із задовільними фізико-механічними і споживчими властивостями.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.

Переваги труб виготовлених с полімеру:

- стінки труб гладкі, що не дає їм заростати;
- не відбувається корозії;
- легкі, мають високу міцність на розрив, пластичність, еластичність

що полегшує транспортування.

Недоліки:

- неможливо прокладати полімерні труби під відкритим небом через ультрафіолетове випромінювання;
- обмеження в системах опалення.

Для виготовлення труб полімер подається до бункеру екструдера, в він плавиться та гомогенізується, а також створюється тиск для продавлення розплаву через трубну головку. Потім відбувається калібрування труби і її охолодження. Остаточне формування здійснюється у вакуум-ванні та ванні зрошення. Для транспортування труби після екструдера використовують тягнучий пристрій. В кінці їх обрізають та подають до приймального пристрою.

2. Технічна характеристика черв'ячного преса 45x25

Технічна характеристика несе в собі особливу інформацію про апарат. Саме за цими показниками проводиться порівняння зразка з подібними йому та для наступного вибору і обґрунтування обраного варіанту. Основні показники преса наведено в таблиці 2.1.

Технічні характеристика преса

Таблиця 2.1

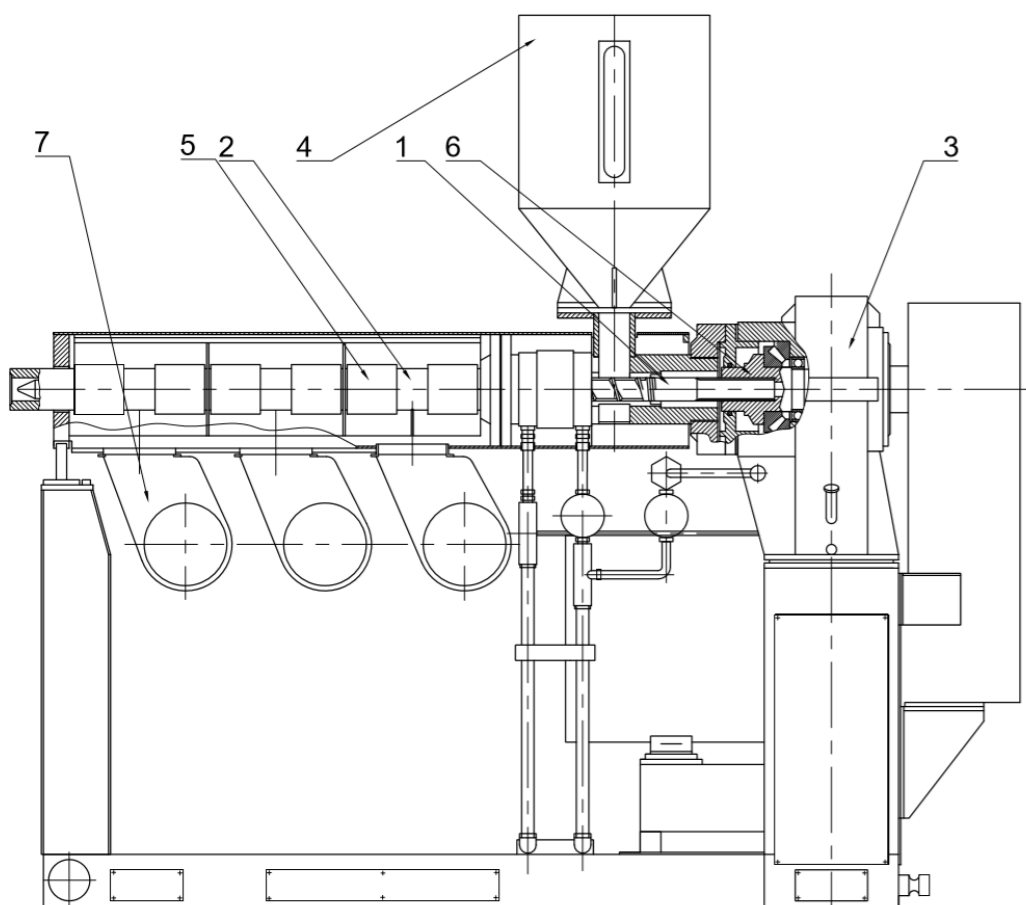
Діаметр черв'яка, D	45мм
Відношення довжини черв'яка до діаметра, L/d	25
Продуктивність машини,	13
Потужність двигуна, N	8,2 кВт
Об'ємна маса матеріалу,	910

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

3. Опис конструкції екструдера на базі ЧП45х25

Головними складовими екструдера є: привід преса, завантажувальна воронка, корпус, шнек, система охолодження та система нагріву.

Головним робочим органом преса є корпус в якому обертається черв'як. Діаметр черв'яка може бути від 10 до 600 мм та більше, а також відрізнятися геометрією, кроком витків, та плавністю збільшення ступеня стиску.



1 – черв'як, 2 – корпус, 3 – редуктор, 4 – завантажувальний бункер, 5 – нагрівачі, 6 – підшипник, 7 – вентилятор.

Рис. 3.1. Схема екструдера на базі ЧП 45х25

Під час обертання полімер транспортується вздовж гвинтового каналу, утвореного внутрішньою частиною корпусу та нарізкою черв'яка. Транспортування полімеру супроводжується різноманітними деформаціями часток та зростанням тиску. Зокрема такі процеси як: нагрівання матеріалу за

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рахунок дисипації та від системи нагріву що підводиться до корпусу екструдера, хімічні перетворення внаслідок зростання температури та тиску, ущільнення та монотилізація сипких матеріалів, змішування.

В зоні завантаження відбувається прийом матеріалу. Для збільшення ефективності канал шнека виконується великого об'єму.

В зоні пластикації відбувається розплавлення полімеру, його ущільнення і дегазація. Для ефективності процесів пластикації об'єм каналу черв'яка поступово зменшують.

В зоні дозування перемішується полімерний розплав перемішується та збільшується тиск, під дією якого матеріал продавлюється через формуючу головку.

Для охолодження завантажувальної воронки, черв'яка та масла в редукторі встановлено систему охолодження на базі вентиляторів.

4. Літературний та патентний огляд

Для вирішення питання чисельного моделювання потоку полімерних гранул в робочій зоні машин та апаратів здійснено технічно-літературний огляд та огляд патентів за останні 10 років. Аналіз літературних джерел свідчить про те що роботи виконуються у наступних напрямках:

- аналізу зносу робочих органів машин та апаратів в результаті взаємодії потоку та елементів конструкції;
- моделювання процесів сепарації часток в залежності від їх геометричних розмірів та ваги;
- розподіл швидкості та тиску поля потоку газу у вертикальному гвинтовому конвеєрі;
- дослідження взаємодії часток у потоці робочої зони машини;
- Комп'ютерному моделюванню процесу дроблення частинок матеріалу за методу кінцевих елементів (DEM).

Так, наприклад, у статі [1] досліджується відцентровий потік елементів в насосі за допомогою програмного забезпечення EDEM – Fluent, внаслідок

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чого автори отримали приблизний знос насоса. В роботі встановлено, що знос спіралі становить приблизно 70% від загального зносу насоса. Знос робочого колеса в основному відбувається в передній кромці леза, стику ступиці і задній частині напірної сторони лопаті, а також в місцях стику кожуха і задньої частини всмоктувальної частини леза. За умов нижчого потоку знос у кришці крильчатки порівняно значний. Зі збільшенням швидкості потоку знос у стороні лопаті тиску та маточини значно збільшується(Рис. 4.1).

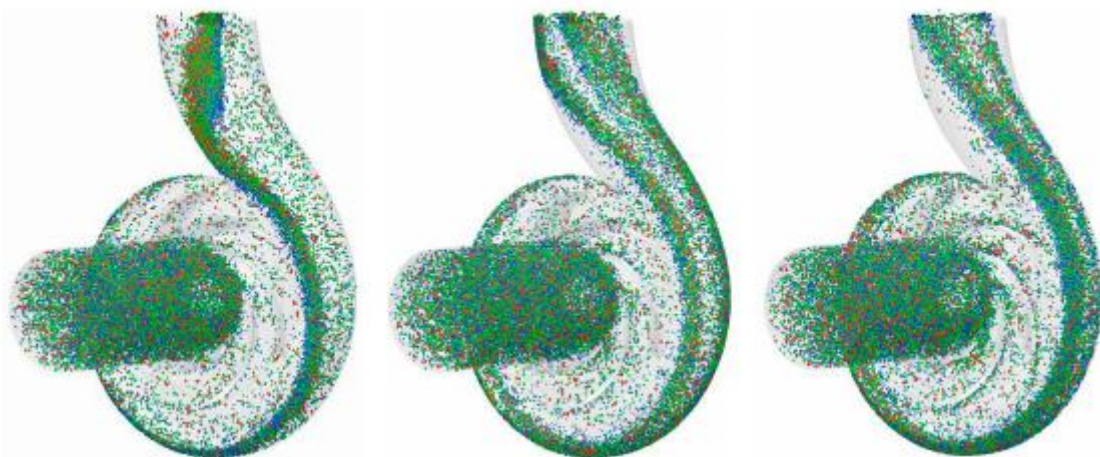


Рис. 4.1 - Розподіл частинок у насосі при різних умовах потоку.

У статі [2] досліджується сухий скринінг для переробки корисних копалин, але його можливо застосовувати також в багатьох галузях, за допомогою вдосконаленої динамічної моделі VFFS та її динамічного рівняння для пошуку розумного робочого стану та проводяться експерименти для перевірки обґрунтованості запропонованої моделі в умовах без навантаження та завантаження матеріалів. Крім того, метод багатоступеневого відбору проб і багатошарового скринінгу також застосовується для оцінки показників скринінгу залізної руди на розмір різання 3 мм на VFFS. Результати показують, що коли маса матеріалів, відносна амплітуда та робоча частота мають значення 107 кг, приблизно 6 мм і 80,79 рад / с, ефективність екранування поступово збільшується зі

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшенням довжини екранування, досягаючи 89,05%; однак він не сильно змінюється, коли довжина екрана перевищує 1900,8 мм. Крім того, неміцні матеріали з грубими частинками будуть продовжувати збільшуватися у міру збільшення довжини екранування(Рис. 4.2).

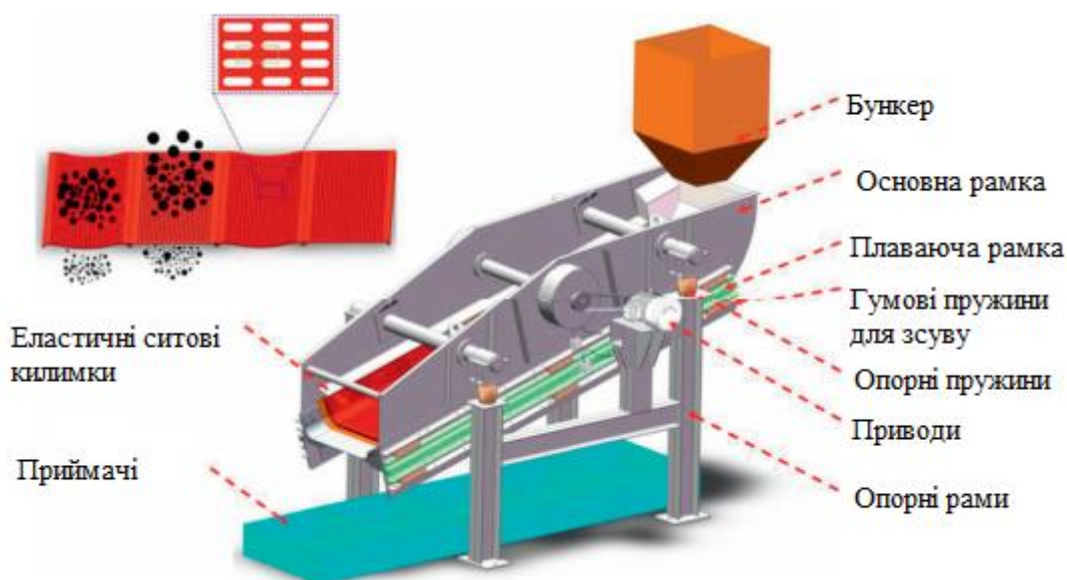


Рис. 4.2 - Принципова схема VFFS та системи скринінгу.

У статі [3] досліджується розподіл швидкості та тиску поля потоку газу у вертикальному гвинтовому конвеєрі за допомогою моделювання EDEM (Рис. 4.3). Результати показують, що вертикальна швидкість газу є найбільшою і що мінімальний тиск є негативним, що знаходиться на виході, тим самим сприяючи транспортуванню частинок вгору. Стан частинок у вертикальному гвинтовому конвеєрі отримують без врахування газу (моделювання EDEM) та з врахуванням газу (моделювання EDEM + FLUENT) відповідно. Дослідження взаємозв'язку між критичною швидкістю шнека, діаметром шнека та розміром частинок показує, що умови газофазового двофазного потоку формуються у вертикальному гвинтовому конвеєрі. Тест призначений для перевірки правильності висновків. Результати цього дослідження лягли в основу розробки методів проектування, заснованих на газофазовому двофазному потоці у вертикальному гвинтовому конвеєрі.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

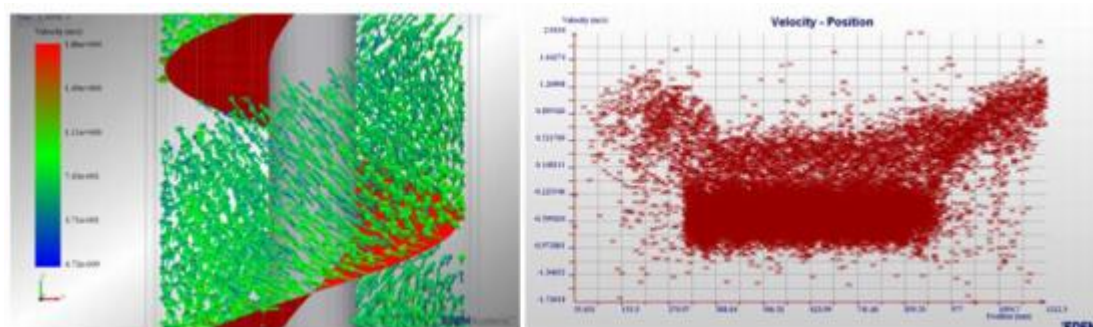


Рис. 4.3 - Принципова схема VFFS та системи скринінгу.

У статі [4] досліджувався потік частинок за допомогою поєднання двох методів, методу дискретних елементів(DEM) та методом CFD в одностадійному відцентровому насосі(Рис. 4.4) з урахуванням взаємодії частинка-частинка та структура-частинка. Описано чисельний процес моделювання за участю EDEM та FLUENT. Моделювання проводили для води при температурі 25 ° С на безперервній фазі разом з 15% об'єму у вигляді сферичних твердих частинок (щільність $\rho = 1500 \text{ кг / м}^3$) діаметром від 1 до 3 мм у випадковому порядку. Результати ілюструють рух твердих частинок у насосі та їх вплив на продуктивність потоку насоса з точки зору зміни часу в головці. Також представлені поля швидкостей для двофазного потоку разом з розподілом об'ємних фракцій та траєкторіями твердих частинок у відцентровому насосі.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

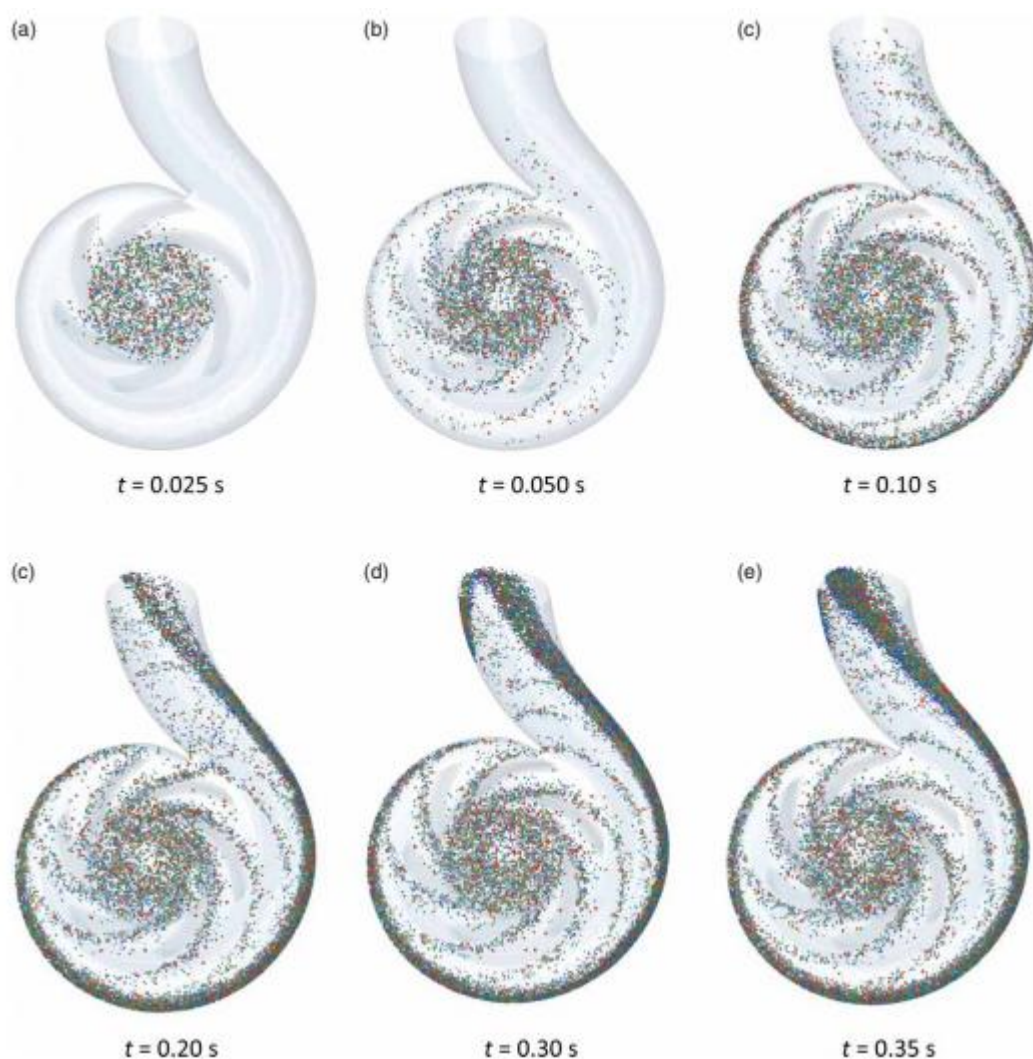


Рис. 4.4 - Траєкторії твердих частинок всередині насоса в різних обраних випадках.

В статті[5] досліджували властивості руйнування геологічних матеріалів за допомогою моделювання потоку частинок. Комп'ютерне моделювання дроблених геологічних матеріалів проводилося за допомогою Particle Flow Code (PFC), в якому використовується метод кінцевих елементів (DEM). Модель PFC з подрібнених геологічних матеріалів була побудована шляхом прийняття моделі контактних зв'язків. Попереднє дослідження механічних властивостей руйнування геологічних матеріалів було проведено методом числення PFC. Дрібні агломерати моделювали як склеювання елементарних дисків. Розрив та його еволюція представлені явно як розірвані зв'язки. Числовим тестом на деформацію площини було показано, що реакції на деформацію напруги та поломки були різними для різних обмежень.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пом'якшення деформації відбувається при низькому боковому напруженні, а посилення деформації відбувається, коли бічне напруження є достатньо високим. Проаналізовано еволюцію відсотка поломки та параметр обриву.

5. Охорона праці

Згідно з українським законодавством в цілях захисту нових машин, приладів, механізмів, устаткування необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови експлуатації їх обслуговуючого персоналу, тобто у відповідності до сертифікату безпечної експлуатації, згідно зі встановленим зразком.

Тема дипломного проекту: Моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера.

Екструдер на базі черв'ячного преса 45x25 використовується для виготовлення труб з полімерних гранул, які потім використовуються в домашніх або робочих цілях.

Налаштування технологічного процесу і параметрів контролю здійснюється оператором лінії. Консоль користувача встановлена в виробничому приміщенні загальною площею $S = 1100 \text{ м}^2$ і обсягом $V = 3300 \text{ м}^3$. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві вимагає завчасне виявлення шкідливих і небезпечних факторів з метою прийняття заходів щодо забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу на етапі планування.

Шкідливими і небезпечними чинниками виробництва при експлуатації і обслуговуванні лінії є:

- робоча зона повітря;
- удар струмом;
- вплив рухомих або обертових частин або механізмів і рухомих матеріалів;
- пожежонебезпека;
- виробничий шум і вібрації, що перевищують допустимі норми.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1. Повітря робочої зони

У виробничому приміщенні працює один робітник-оператор. У нашому випадку, згідно ГОСТ 12.1.005-88, робота оператора відноситься до категорії 1b - легка фізична робота, так як категорія 1b включає в себе роботу, виконувану в положенні сидячи і стоячи або пов'язану з ходьбою, і супроводжується меншою фізичною активністю зі споживанням енергії 121 .. 150 ккал / г (140 ... 174 Вт).

Значення температури, відносної вологості та швидкості повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Таблиця 5.1.1

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Опти-мальна *	Факти-чна	Опти-мальна*	Факти-чна	Опти-мальна*	Факти-чна
Холодний період року	1b	21-23	19-21	40-60	50-60	0,1	0,1
Теплий період року	1b	22-24	22-25	40-60	50-60	0,1	0,2

Фактичні параметри повітря в робочій зоні виробничого приміщення не перевищують норми. Приміщення обладнане системами опалення та кондиціонування, безперервної подачі і вентиляції, що забезпечує вміст шкідливих речовин в зоні приміщення в допустимих концентраціях, в місцях

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливого виділення парів поліетиленових компонентів забезпечуються локальні витяжки. забезпечення безпечної та безперебійної роботи.

Подача повітря здійснюється в робочій зоні для боротьби з радіаційно-стійкими нагрівачами, встановленими в трьох зонах нагріву, захисту та ізоляції їх від навколишнього середовища за допомогою синтетичних матеріалів, таких як мінеральна вата, і двошарового металевих корпусу з повітряним шаром, який є елементом системи термостабілізації ЛТО3.3.6.042-99.

5.2. Електробезпека

Установка по виготовленню труб з полімеру буде знаходитися в сухому місці з нормальною температурою і вологістю під час роботи. Підлога кімнати залізобетонна, за даними ПУЕ, кімната відноситься до кімнати підвищеної безпеки.

Напруга на панелі керування водія $U = 220$ В, частота $f = 50$ Гц, для електродвигунів, що працюють від напруги мережі $U = 380$ В, частота $f = 50$ Гц. Тип джерела живлення відрізняється від глухої заземленою нейтралі.

Основними причинами потоку струму у людей є:

- коротке замикання;
- ненавмисний контакт або наближення на небезпечні відстані до;
- виникнення натягу металевих частин обладнання через пошкодження ізоляції або неправильних дій персоналу;
- старіння ізоляційного матеріалу;
- неправильне включення;
- Напруга

У зв'язку з цим основними заходами проти ураження електричним струмом є:

- ізоляція;
- недоступність струмоведучих частин;
- використання спеціальних ізолюючих трансформаторів;
- в особливих випадках перемикачі включення блокуються;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- При роботі з електроінструментами використовуйте засоби індивідуального захисту, такі як діелектричні рукавички, гумові килимки, ізольовані підставки.

Заборонено:

- розбирати і ремонтувати лінію, не відключаючи мережу;
- допускати потрапляння металевих предметів для запобігання іскріння;
- куріння, запалювання сірників, запалювання відкритого вогню, зварювання;
- залишати працюючу лінію без нагляду;
- Прийняти в приміщення людини, який не навчений і не перевірений на знання здоров'я та безпеки.

5.3. Безпека від впливу частин, що рухаються або обертаються.

Механізми, які обертаються в одну лінію - це зчеплення, шестерні, вали. Ці механізми небезпечні, так як вони можуть завдати механічний шкоду людям. Щоб уникнути пошкоджень використовуйте паркани, зірочки та вали, закриті кожухами. Кнопки аварійної зупинки доступні для аварійної зупинки лінії. Аварійні вимикачі встановлені на електродвигунах.

5.4. Шум і вібрація

Джерело шуму при роботі лінії:

- електродвигуни;
- редуктори;
- Система охолодження.

В результаті вимірювань під час роботи обладнання значення шуму $L_{вдж} = 100$ дБА,. Це означає прийняття наступних обмежень для захисту від промислового шуму:

- мастило всіх поверхонь тертя, наявність ущільнювачів;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використання захисних покриттів.

Це знизить рівень шуму на $\Delta L = 30$ дБА.

Джерелами вібрації є: електродвигун і обертові частини шляху.

Сила вібрації починається з неточності установки обертових частин, зі слабким з'єднанням корпусів обертових частин з фундаментом.

В цьому випадку виникає технологічна вібрація, яка проходить через поверхні підшипника до оператора. Робочий слабо схильний до вібрації, так як знаходиться далеко від фундаменту машини - поруч з панеллю керування. Таким чином, нормальна вібрація не впливає на тіло оператора. Рівень технологічних коливань у виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ з частотою 4 Гц, що відповідає ЛТО 3,36,039 - 99.

Зниження вібрації досягається наступними заходами:

- шляхом розміщення лінії на фундамент;
- через використання амортизаторів;
- за рахунок додаткового підкріплення;
- покриття корпусів коробки передач: жорсткі, металеві, на основі алюмінію (оскільки спостерігаються низькочастотні коливання).

Загальний час роботи в контакті з вібраціями не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість безперервних коливань не перевищує 15 - 20 хвилин. В цьому режимі обідню перерву становить не менше 40 хвилин.

5.5. Пожежна безпека

У виробничому цеху, де працює лінія по виробництву поліпропіленових труб, можуть виникнути такі проблеми:

Змащена тканина, машинне масло, проводка, електрообладнання. Крім того, з огляду на, що сировиною для виробництва труб є поліпропілен, при перевищенні певних температурних порогів деякі з його компонентів можуть спалахнути:

- вище 120°C - формальдегід, ацетальдегід, ацетон, метиловий спирт, кетони, оксид і діоксид вуглецю;

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

- вище 150 ° С - кислоти, складні ефіри, альдегіди, пероксиди.

Виходячи з цього: простір, в якому знаходиться лінія, відноситься до категорії «В» ОНТП 24-86 і класу зони Р-IIa (PUE), рівень вогнестійкості III відповідно до SnIP 2.01.02-85.

Це виробництво, в якому використовуються рідини з температурою спалаху вище 61 ° С і горючі пили або волокна з нижньою межею займання більш 65 мг / м3, тверді і легкозайmistі матеріали, які можуть горіти, але не вибухати при контакті з повітрям, водою або, один з одним.

Можливі причини пожежі:

- струм, перевантаження, великі перехідні опори;
- відмова електрообладнання;
- іскри між електричними і газозварювальними деталями.

Протипожежні заходи включають вибір негорючих матеріалів і організаційні заходи.

Як засоби пожежогасіння використовуються порошкові вогнегасники САМ - 9 (5 шт.). Для гасіння включених електричних мереж ми приймаємо порошкові вогнегасники ОП-10 (10 шт.). [12]

Наступна інформація повинна бути чітко позначена на верхній сферичній частині кожного циліндра:

- торгова марка виробника;
- номер циліндра відповідно до системи нумерації виробника;
- дата виготовлення (випробування) і наступного випробування;
- тип термообробки;
- робочий тиск та випробувальне гідравлічний тиск;
- ємність циліндра;
- балонна маса;
- Бренд ВТК.

Під час пожежі спрацьовує пожежна сигналізація - теплові пристрої оповіщення, наприклад, про нещасні випадки. Інформація від детекторів

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надходить на приймальну станцію. У разі пожежі люди повинні покинути кімнату. Згідно СН.П 2.09.02-85, в кімнаті є два евакуаційних виходи.

6. Очікувані механіко-економічні показники

Дослідження потоку гранул в робочій зоні допоможе зберегти кошти на виготовленні виробів внаслідок:

- більш кращому підбору приводу;
- проектуванню більш придатній геометрії шнеку;
- меншому зносу деталей машини;
- оптимізації загрузки часток до робочої зони;
- виявлення мертвих зон і районів поганого змішування;
- оцінити ефективність змішування.

Висновки

Розроблений дипломний проект на тему: «моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера».

У пояснювальній записці зроблено опис лінії по виробництву полімерних труб з ПЕ, в якій використовується ЧП 45х25.

Показані технічні характеристики ЧП та виконаний опис принципу роботи машини та конструкції.

Було зроблено літературно-патентний пошук та проаналізовано готові рішення.

Також в пояснювальній записці є відомості про техніку безпеки для нашої конструкції.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ «Розрахунки»
до дипломного проекту

на тему: моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій
зоні екструдера

Київ – 2020 року

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ

1. Параметричні розрахунки основних параметрів і характеристик черв'ячного екструдера

1.1 Розрахунок геометрії шнеку черв'ячного екструдера для виробництва труби з ПЕ

1.2 Розрахунок продуктивності екструдера на базі ЧП-45

1.3 Розрахунок потужності приводу екструдера на базі ЧП-45

2. Розрахунок на міцність шнека та жорсткість

2.1 Розрахунок шнека на міцність

2.2 Розрахунок шнека на жорсткість

3. Моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера

3.1 Віртуальна лабораторія

3.1.1 CAD модель установки

3.1.2 Процес формування джгута

3.3. Опис шнека екструдера

3.4. Опис досліджуваних часток

3.5 Результати дослідів

Висновки

Література

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Метою виконання дипломної роботи є дослідження поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера. Під час виконання дипломної роботи виконано:

- параметричні розрахунки:
 - Розрахунок геометрії шнеку черв'ячного екструдера для виробництва труби з ПЕ;
 - Розрахунок продуктивності екструдера на базі ЧП-45;
 - Розрахунок потужності приводу екструдера на базі ЧП-45;
- Розрахунок на міцність шнека та жорсткість:
 - Розрахунок шнека на міцність;
 - Розрахунок шнека на жорсткість;
- Моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера на базі методу дискретних елементів.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Параметричні розрахунки основних параметрів і характеристик черв'ячного екструдера

1.1 Розрахунок геометрії шнеку черв'ячного екструдера виробництва труби з ПЕ

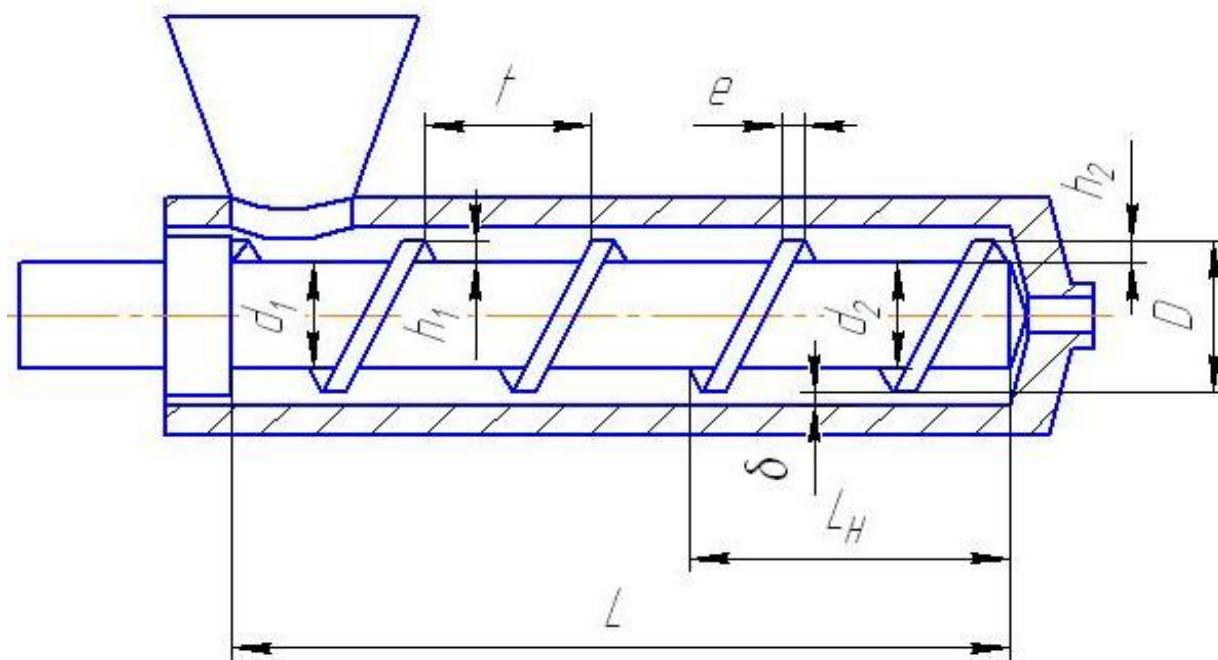


Рис.1.1 Схема черв'ячного преса

Вихідні дані: діаметр черв'яка $D=45$ мм, загальна довжина черв'яка $25D$, крок нарізки черв'яка $t=25$ мм, матеріал що перероблюється – поліетилен низької густини.

Проводимо розрахунок геометрії черв'яка згідно з [12] :

Загальна довжина черв'яка:

мм.

1. Довжина зони завантаження l_1 :

$$l_1 = D \cdot 5 = 45 \cdot 5 = 225 \text{ мм.}$$

2. Довжина зони стиснення l_2 :

$$l_2 = D \cdot 13 = 45 \cdot 13 = 585 \text{ мм.}$$

3. Довжина зони дозування:

$$l_3 = D \cdot 7 = 45 \cdot 7 = 315$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

4. Крок нарізки витків t (в середньому $t = D$):

мм.

5. Ширина витка e :

мм.

6. Глибина нарізки в зоні завантаження $h1$

мм.

7. Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження d_1

–

мм.

8. Глибина нарізки в зоні дозування $h2$:

мм.

де i – коефіцієнт стиснення, звичайно рівний 2 - 3 для різних матеріалів.

приймаємо $i=2,5$.

9. Діаметр сердечника черв'яка в зоні дозування $d2$:

–

мм.

10. Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу δ

$$0.1 \text{ мм} < \delta < 0.3 \text{ мм}$$

мм.

1.2 Розрахунок продуктивності екструдера на базі ЧП-45

Продуктивність лінії для виробництва труб з поліетилену визначається насамперед продуктивністю черв'ячного преса, тобто його пластифікуючою спроможністю. Тому необхідно визначити масову продуктивність черв'ячного преса. Продуктивність знаходимо за формулою:

$$Q_v = \frac{\alpha \cdot K}{K + \beta_1 + \gamma_1} \cdot n,$$

де K – коефіцієнт геометричної форми головки екструдера (приймаємо $2,4 \text{ мм}^3$),

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

α – коефіцієнт прямого потоку розплаву у каналі черв'яка,

β – коефіцієнт зворотнього потоку розплаву у каналі черв'яка,

γ – коефіцієнт потоку втрат крізь зазор між корпусом преса та гребнями черв'яка,

n – частота обертів черв'яка.

Кут нахилу лінії нарізки:

Коефіцієнт прямого потоку розплаву у каналі черв'яка:

Коефіцієнт зворотного потоку розплаву у каналі черв'яка:

Коефіцієнт потоку втрат крізь зазор між корпусом преса та гребнями черв'яка:

Об'ємна секундна продуктивність:

де $n=1$ об/с - оберти черв'яка за секунду

Масова продуктивність лінії відповідно становитиме:

кг/год

Прийняті геометричні параметри черв'яка забезпечують необхідну пластикаційну продуктивність.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Розрахунок потужності приводу екструдера на базі ЧП-45

Мета розрахунку: визначити потужність, що витрачається на переробку поліетилену.

У формули для потужності підставляємо розміри в мм, α , β , γ в мм³, перепад тиску в МПа, число обертів - за хвилину.

1. Потужність, споживана в гвинтовому каналі:

при

1. Потужність, споживана в зазорі між гребнем і корпусом:

2. Потужність, споживана в зоні дозування:

$$N_d = N_1 + N_2 = 8.295 + 0.3111 = 8.6 \text{ кВт}$$

3. Потужність, споживана черв'яком:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$8.6=17.2 \text{ кВт}$$

5. Потужність двигуна:

ККД приводу приймаємо $\eta = 0.7 \div 0.8$

— —

2. Розрахунок шнека на міцність та жорсткість

2.1 Розрахунок шнека на міцність

Розрахунок черв'яка на міцність – перевірка спроектованих на підставі попередніх розрахунків розмірів черв'яка .

Вихідні дані: матеріал черв'яка сталь 38ХМЮА , границя текучості при робочій температурі черв'яка $\sigma_T = 700 \text{ МПа}$, діаметр черв'яка 45 мм .

Полярний момент інерції :

— —

Розрахункова схема черв'яка зображено на рис.2.1.

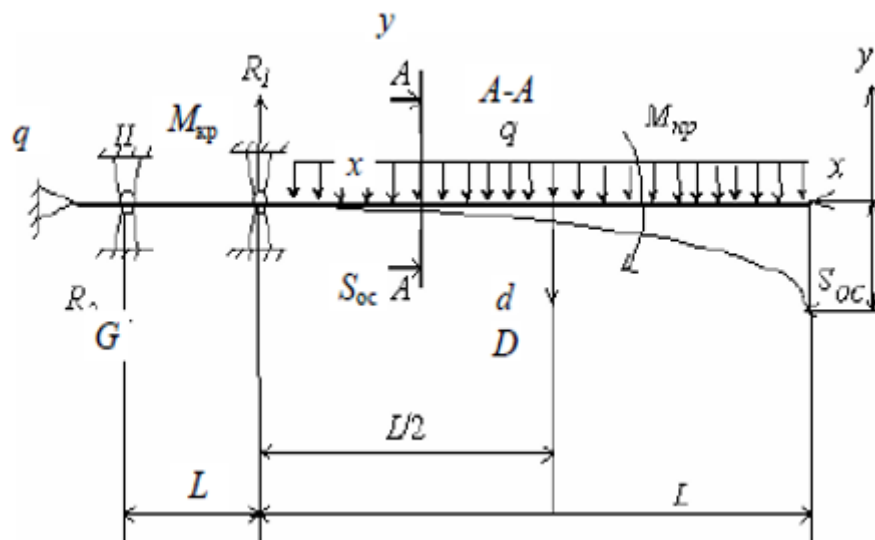


Рис. 2.1. Розрахункова схема навантаження шнеку і його опор

Площа небезпечного перерізу :

— —

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радіус інерції :

Ступінь твердості черв`яка :

де μ – коефіцієнт способу закладення , $\mu=1$.

Оскільки $\lambda=623$, то черв`як вважається довгим і розраховується на твердість.

Осьовий момент опору :

Дотичні напруження :

Де

Осьова сила:

Напруга стиску :

Результати напруги по *III*-ій теорії міцності :

Запас міцності :

$$n=[\sigma_T]/\sigma_{III}=700/70,7=9,9$$

Запас міцності забезпечить надійність роботи машини.

2.2 Розрахунок черв`яка на жорсткість

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На ряду з умовами міцності важливим є забезпечення умов жорсткості – максимальний угин черв`яка повинен бути меншим конструкційного зазору

$$\delta \geq \delta_k .$$

Вихідні дані : Матеріал черв`яка сталь 40Х, діаметр черв`яка $d=45\text{мм}$, зазор між корпусом і черв`яком:

$$\delta = (0,001 \dots 0,005)D = 0,002 \cdot 45 = 0,09 \text{ мм},$$

де E -модуль пружності , $E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Розрахункова схема черв`яка зображена на мал.3.1. Згідно з методики максимальний прогин дорівнює :

$$\delta = \frac{1}{E} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^2} + A \cdot l_p \right) \cdot \cos(k \cdot l_p) - \frac{1}{k^2} \left(\frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \cdot \sin(k l_p) \right];$$

де

$$\frac{1}{k} = \sqrt{\frac{E \cdot I}{q}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 45^4}{64}}{11982274}} = 3.585 \text{ м}$$

Максимальний прогин дорівнює :

$$\delta = \frac{1}{2 \cdot 10^5} \left[\frac{11982274}{3.585^2} \left(\frac{1}{3.585^2} + \frac{1.98}{2} \right) - \frac{1}{3.585} \left(\frac{11982274}{3.585^2} + 491 \cdot 1.98 \right) \cdot \cos(3.585 \cdot 1.98) - \frac{1}{3.585^2} \left(\frac{11982274 \cdot 1.98}{3.585} - 491 \right) \cdot \sin(3.585 \cdot 1.98) \right] = 0.01926 \text{ мм}$$

$$\cos 1.98 \cdot 3.585 - 11.982274 \cdot 3.585 \cdot 1.98 - 491 \cdot \sin(3.585 \cdot 1.98) = 0.01926 \text{ мм}$$

$\delta > \delta_k$ тобто прогин в межах допустимого .

3. Моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для моделювання потоку полімерних гранул важливо визначитись з параметрами матеріалу, котрі визначають критерій злипання гранул полімеру. Для цього створена віртуальна лабораторія для дослідження цього процесу.

3.1 Віртуальна лабораторія

3.1.1 CAD модель установки

Для створення віртуальної лабораторії спроектовано 3D модель установки(рис. 3.1.1), що складається з п'яти елементів:

1. Пресс
2. Інжектор
3. Перегородка
4. Формуючий циліндр
5. Піддон для готового виробу

.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.1.1. Віртуальна установка

3.1.2 Процес формування джгута

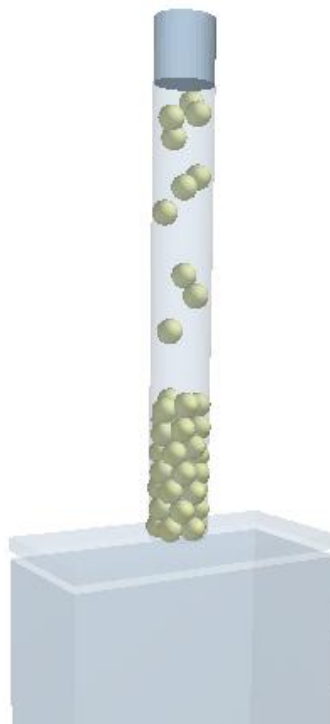
Процес формування джгута виконується наступним чином:

1. Циліндричний приймач поступово заповнюється частками (Рис 3.1.2);
2. Частинки пресуються в конгломерат (Рис 3.1.3);
3. Відкривається перегородка (Рис 3.1.4);
4. Готовий спресований конгломерат джгута виштовхується в приймальний піддон (Рис 3.1.5).

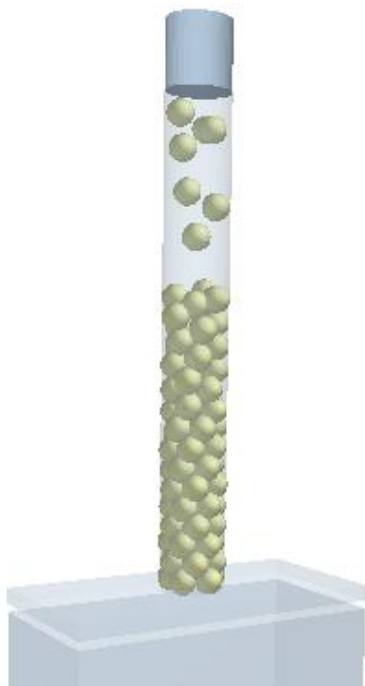
						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



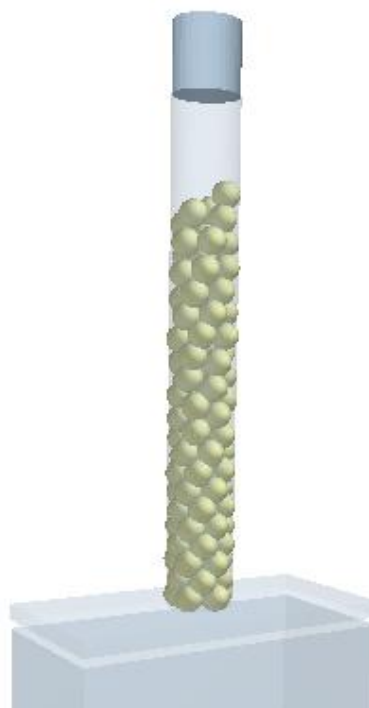
а



б



в



г

Рис. 3.1.2 - Заповнення циліндричного приймача полімерними частками

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

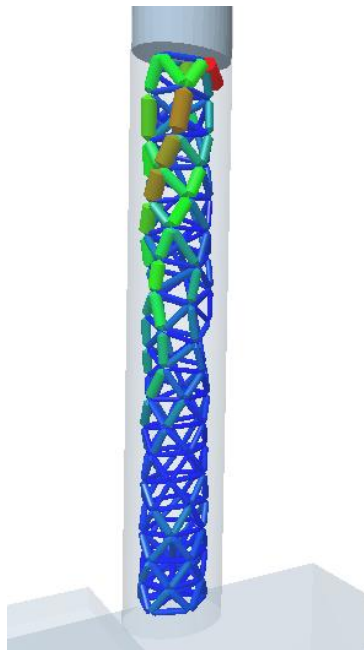
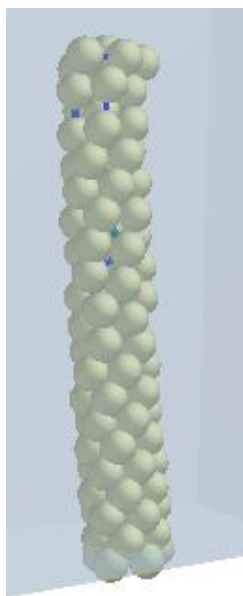


Рис. 3.1.3 - Пресування заповненої форми з візуалізацією утворених контактних зв'язків.

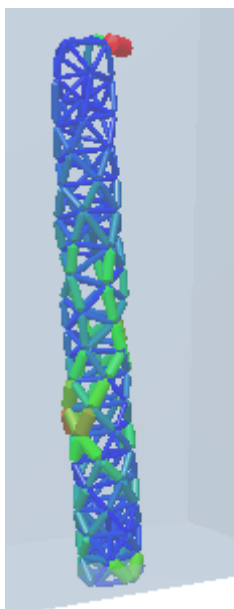
а б

Рис

. 3.1.4 - Виштовхування елемента спресованого джгута с циліндричної приймача.



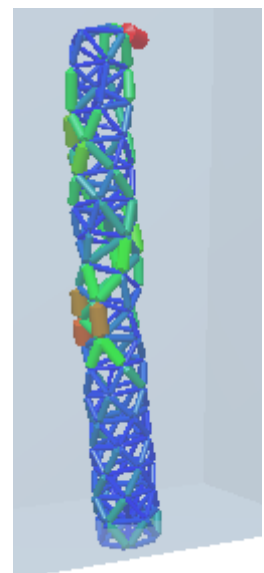
а



б



в



г

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

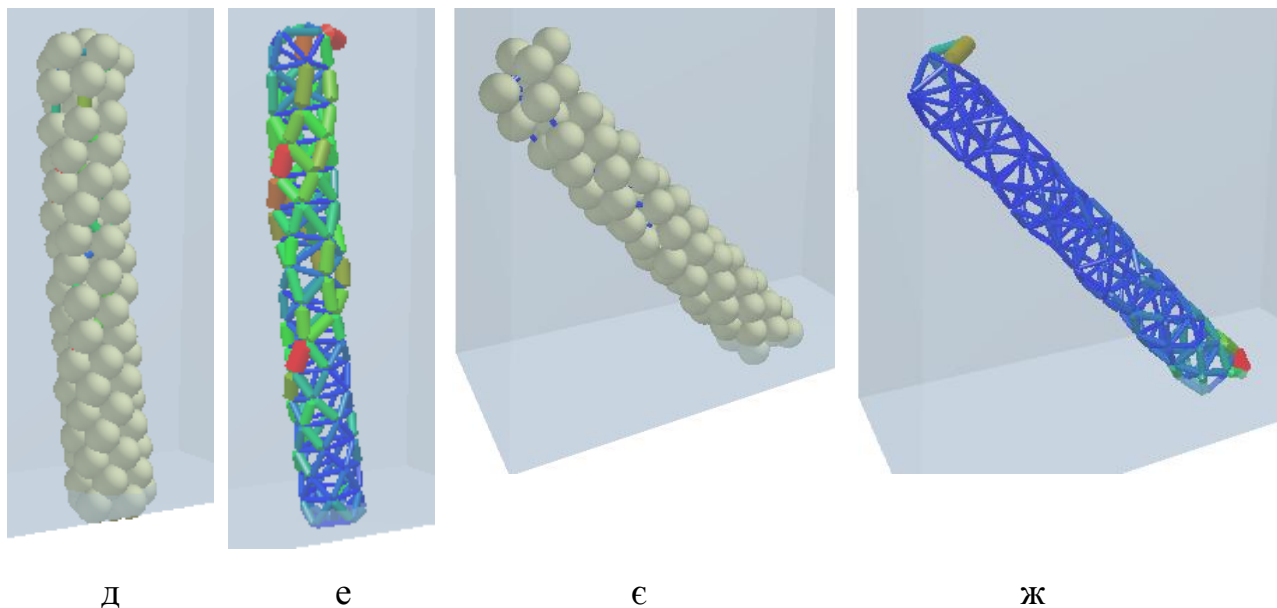


Рис 3.1.5 – Процес падіння джгута

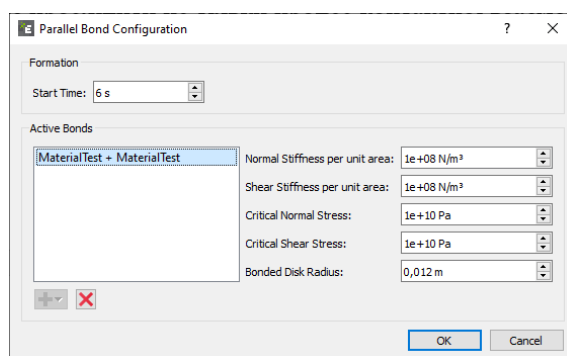


Рис 3.1.6 - параметри контактної взаємодії для моделі Герца-Міндліна

Аналіз результатів виконання експерименту в віртуальній лабораторії доводить, що після падіння у піддон цілісність контактних в'язів забезпечується. Це свідчить, що параметри контактної взаємодії, приведені на рис. 3.1.6 вибрані вірно.

3.3. Опис шнека екструдера

Для виконання розрахунку потоку гранул полімерів в робочій зоні екструдера спроектовано модель шнеку з зовнішнім діаметром $D=64$ мм, та довжиною $L=10 \cdot D$ та корпусу (рис. 3.3.1).

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

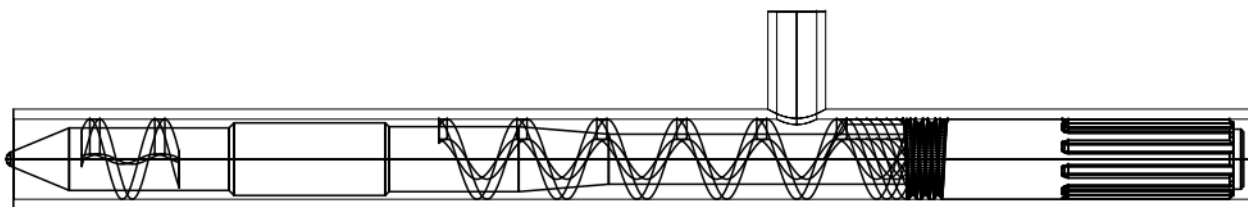


Рис. 3.3.1. Модель шнека та корпусу екструдера

Тривимірна модель шнеку, яка виконана в системі AutoCAD, представлена на рис.3.3.2

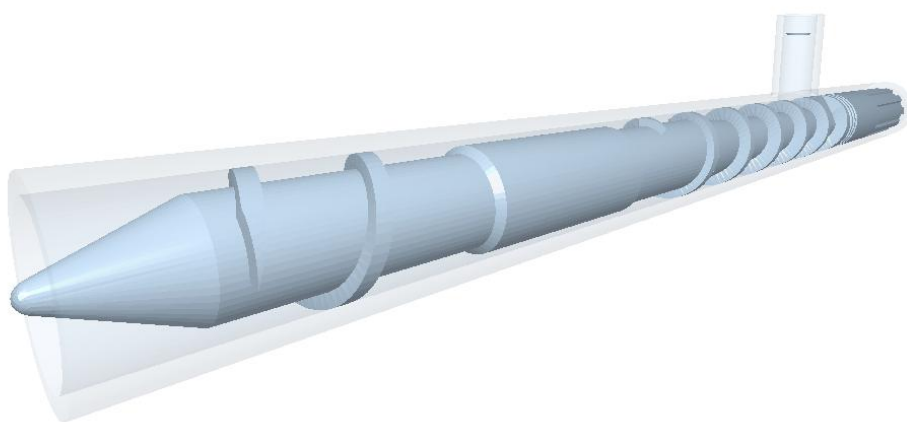


Рис. 3.3.1. Модель шнека та корпусу екструдера імпортована до ПО EDEM

Фізико-механічні властивості шнека та корпусу, коефіцієнти тертя представлені на рис. 3.3.3

GEMM_geometry_material_3681_medium Properties

Poisson's Ratio (ν): 0,25

Solids Density (ρ): 4000 kg/m³

☒ Shear Modulus (G): 1e+10 Pa

☐ Young's Modulus (E): 2,5e+10 Pa

Work Function: 0 J

Interactions

Interaction: MaterialTest

Coefficient of Restitution: 0,5

Coefficient of Static Friction: 0,45

Coefficient of Rolling Friction: 0,15

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис. 3.3.3. Параметри матеріалу шнека і корпусу та коефіцієнти тертя відносно матеріалу часток та шнеку та корпусу екструдера

3.4. Опис досліджуваних часток

В цій роботі використовуються частинки радіусом 0.012м та радіусом контакта 0.015м з параметрами матеріалу згідно таблиці на Рис. 5.4.5.

Фізика процесу в системі EDEM задається в рамках модулю «**Hertz-Mindlin with Bonding**», який відповідає за склеювання частинок в заданий час та заданими властивостями адгезійного слою. Також задаємо напрям сили тяжіння та положення інжектора для місця висипання матеріалу.

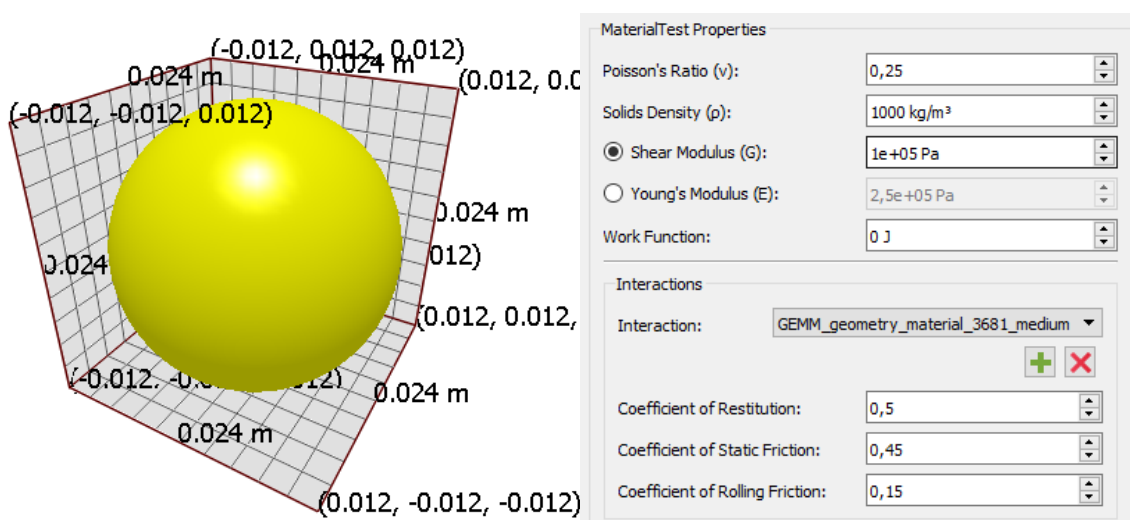


Рис. 3.4.4-3.4.5. - Параметри матеріалу часток та коефіцієнти тертя між частинками та матеріалом шнека та корпусу

3.5 Результати дослідів

В результаті чисельного моделювання в системі EDEM отримано еволюцію руху частинок у робочій зоні екструдера. В зоні загрузки (рис. 3.5.1, а) спостерігається поступовий рух частин вздовж робочої зони екструдера, а підході к зоні пластикації (рис. 3.5.1, б) відбувається ущільнення часток.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

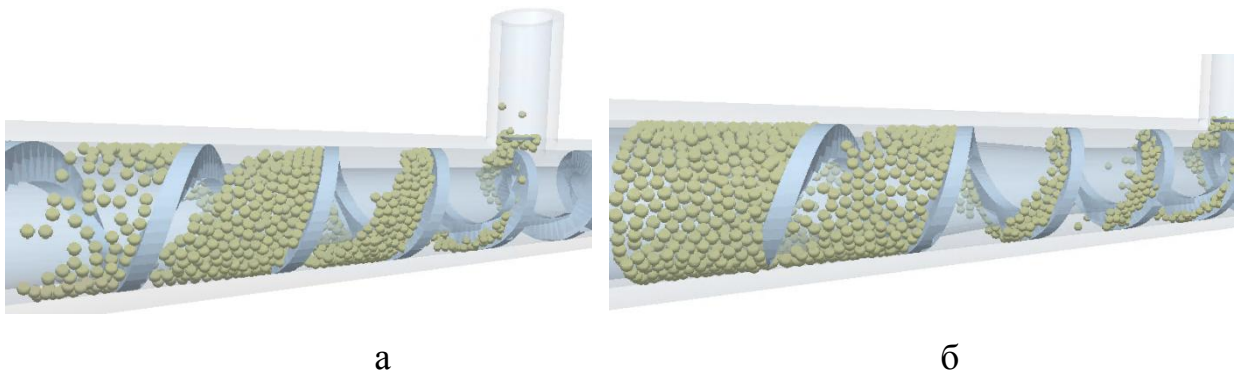


Рис. 3.5.1. - Рух часток полімеру вздовж шнека екструдера

На рис. 3.5.2 приведено параметри адгезійного контакту між полімерними частинками, де: «Normal stiffness per unit area» - це жорсткість на розтяг/стиск уздовж основної осі зв'язку, «Shear stiffness per unit area» - це зсувна жорсткість в ортогональній площині до основної осі зв'язку, «Critical Normal stress» - максимальне нормальне напруження, яке може витримати зв'язок до того, як не вийде з ладу, «Critical shear stress» - це максимальне тангенціальне напруження, яке може витримати зв'язок до того, як не вийде з ладу, «Bonded disk radius» - це радіус зв'язку між частинками.

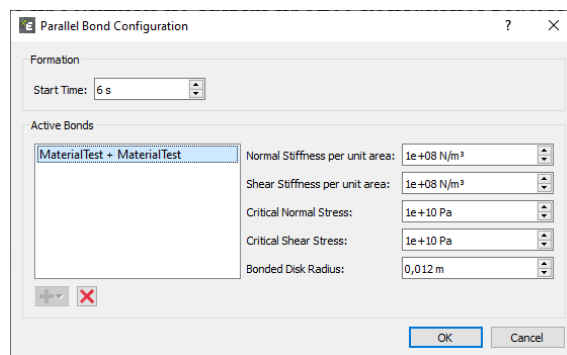


Рис. 3.5.2. - Параметри адгезійного контакту часток

В результаті моделювання цього процесу за контактною моделлю «Hertz-Mindlin with Bonding» в процесі ущільнення через 5 секунд з моменту завантаження в робочій зоні екструдера, утворюються адгезійні зв'язки між частками, які схематично відображені на рис. 3.5.3.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

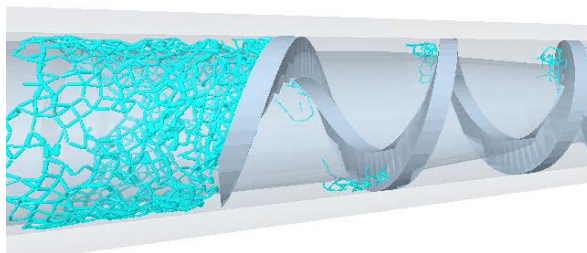


Рис. 3.5.3. - Зв'язки що утворюються внаслідок ущільнення часток полімерів

Процес ущільнення а також встановлення зв'язків веде до істотного збільшення сили обтиску між частинками, що фіксується на діаграмі зміни тиску (рис. 3.5.4) після 5 секунди.

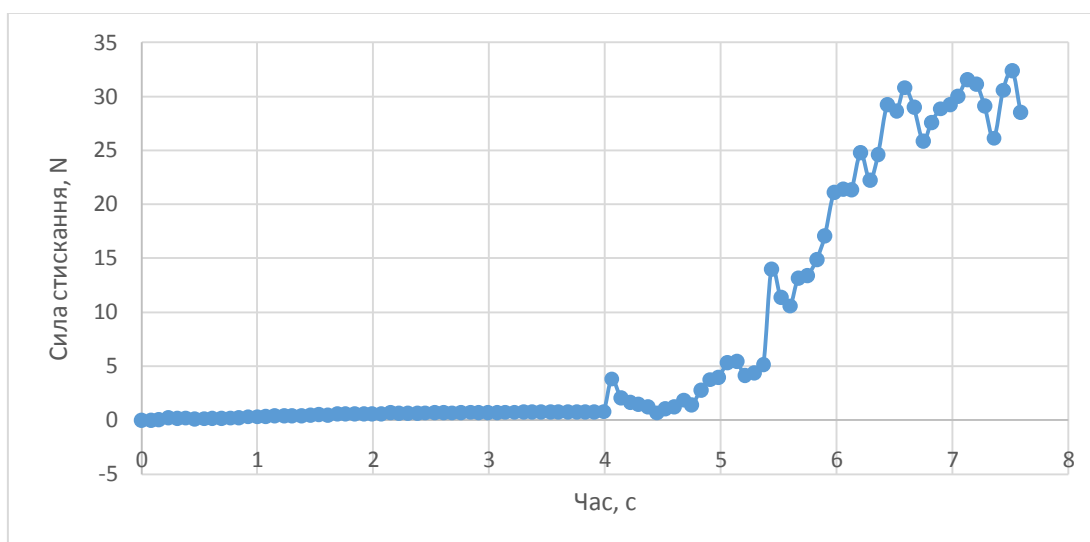


Рис. 3.5.4. - Графік зміни сили стискання часток у часі

Висновки

В результаті виконання розрахунків отримано:

1. Параметричні розрахунки основних параметрів і характеристик черв'ячного екструдера
2. Розрахунок продуктивності екструдера ЧП-45;
3. Розрахунок на міцність шнека;
4. Розроблена віртуальна лабораторія для виготовлення джгута з полімерних частинок;
5. Розроблена 3D модель робочої частини екструдера;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Досліджено поведінку потоку гранул в робочій зоні екструдера;

7. Отримано діаграму залежності тиску від часу в робочій зоні екструдера.

**Розділ «Технологія машинобудування»
до дипломного проекту**

на тему: моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій
зоні екструдера

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Київ – 2020 року

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

1. Технологічна схема виготовлення деталі

1.1. Опис та призначення деталі

1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

1.3 Технологічний процес виготовлення деталі (МК, КЕ, ОК)

2. Вибір та розрахунок пристосування для фрезерування поверхні Ø50H7

2.1. Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

2.2. Розрахунок сил закріплення деталі

Висновки

Література

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Технологічна схема виготовлення деталі

1.1. Опис та призначення деталі

Під час виконання робіт розробляється технологічний процес виготовлення «півмуфта» деталі, що означає вибір способу виготовлення заготовки, призначення послідовності операцій, підбір обладнання та інструментів для кожної операції технологічного процесу, обчислення елементів умов різання, ріжучих сил і норм часу. У роботі описано порядок та всі етапи розвитку технологічного процесу виготовлення з'єднувальної половини.

Муфта - це блок (частина) приводного механізму (машини), який передає обертальний рух та / або крутний момент від одного валу до іншого, який зазвичай розташований на одній осі з першим або під кутом до нього, або від вал до деталі (шків, шестірня тощо), вільно розташованої на ній, не змінюючи крутного моменту на величину. Крім вищезазначеного, приводні муфти можуть виконувати й інші важливі функції: компенсацію малих відхилень кріплення відносних положень вузлів і вузлів, відділення валів, автоматичне управління роботою машини, плавне сполучення валів при запуску машин, захист машин від поломки в аварійному режимі тощо.

1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

Відповідно до вимог креслення та в результаті аналізу конструкції з'єднувальної половини робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати литу заготовку. З усіх методів формування литих заготовок в цьому випадку можна використовувати піщано-глинисті форми з машинним формуванням для металевих моделей, лиття під оболонки, лиття під тиском та металеве лиття (форми для холоду). Останні три способи дозволяють забезпечити більш високу

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якість виливків, ніж виливка у піщано-глиняні форми, але вони вимагають більших витрат на виготовлення ливарного обладнання та організацію майданчика та є більш складними. При виливанні заготовок середнього розміру з чавуну в металеві форми стійкість цвілі є низькою і становить 100-500 виливків. З огляду на розмір і матеріал половини муфти, низькі вимоги до якості виливків та найнижчу вартість виливки у піщано-глиняні форми, ми створимо заготовку, відливши її у сирі форми з формувальних сумішей із вмістом води 3,5 до 4,52% і міцністю від 60 до 120 кПа від 0,6 до 1,2 кгс / см) з рівнем ущільнення до твердості, не менше 70 одиниць (див. ГОСТ 26645-85). Машинне формування металевих моделей.

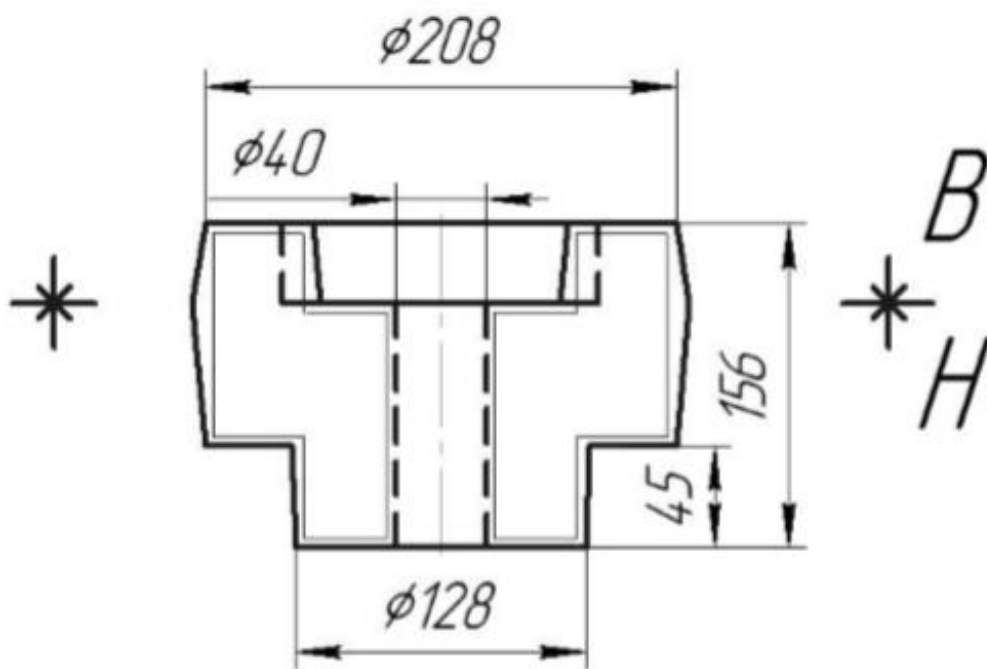


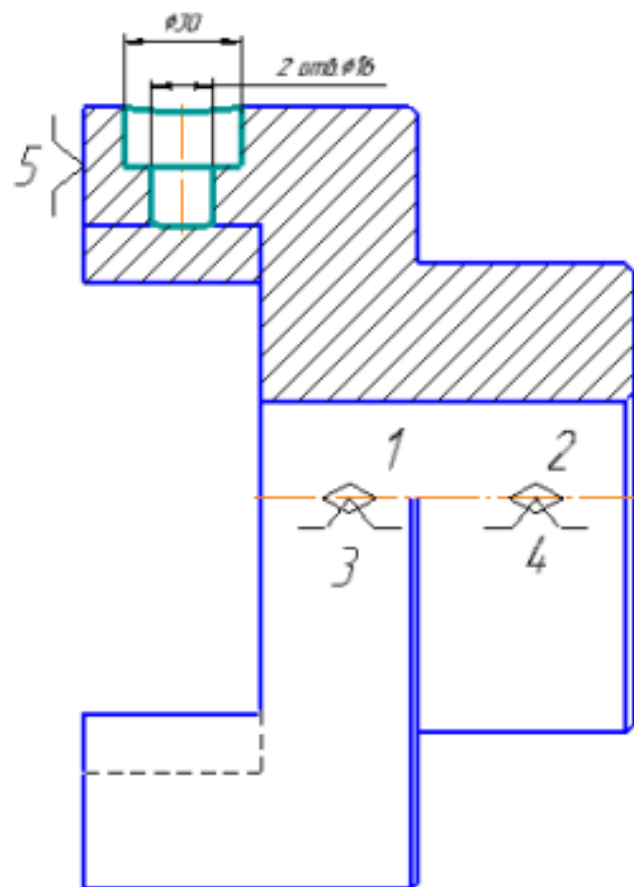
Рис.1. - Заготовка деталі

1.3 Технологічний процес виготовлення деталі (МК, КЕ, ОК)

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

Дубл.														
Взамін.														
Підпис									ЗМ	Ар	№док	Підпис	Дата	
Розробив	Горобчук В.М.			НТУУ «КПІ», ІХФ								005		
Перевірів	Борицький С.О.													
Керівник	Чемерис А.О.													
Н.контр.				ПІВМУФТА								Н		
Затвердив														



2. Вибір та розрахунок пристосування для фрезерування поверхні Ø50H7

2.1. Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

При виготовленні деталі – Півмуфта здійснюється багато різних операцій. Для кожної з них переважно використовують своє пристосування. Розглянемо пристосування для фрезерних станків, передбачаючи вертикально-фрезерну операцію.

Пристосування спеціалізоване універсально-безналадочне з гідроприводом, призначено для базування і закріплення заготовок пустотілих циліндрів, валів при фрезеруванні на вертикально-фрезерному станку 6Р13.

Пристосування має корпус 1, до якого за допомогою болтів 18 туго закріплена призма 2. По бокам призми розташовані прихвати 9, до яких за допомогою болтів 21 прикріплені прижими 3. На нижній частині корпусу закріплюються направляючі шпонки 12, за допомогою яких пристосування базується на столі станка. Закріплення пристосування на столі здійснюється за допомогою болтів 15.

Пристосування працює наступним чином. Заготовку встановлюють на призму 2 і закріплюють прихватами 9. При подачі масла під тиском в порожнину гідроциліндра 4, поршень разом із штоком 7 рухається вправо, тиснуть на правий прихват, який прижимає з невеликим зусиллям заготовку до призми. Зусилля закріплення на правий прихват передається від шток-поршня гідроциліндра через проушину 11 і вісь 10. Таким чином, здійснюється закріплення заготовки. Для розжиму тиску масла зменшується, штовхач відходить назад, тягне за собою прихват і відпускає заготовку.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.2.1 – Схема закріплення деталі

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

де:

D – діаметр фрези;

T – період стійкості;

t – глибина фрезерування;

S_z – подача на зуб;

B – ширина фрезерування;

Z – число зубів фрези;

K_v – общий поправочний коефіцієнт, уточнюючий фактичні умови різання,

$$K_v = 1,08$$

Частоту обертів фрези найдем по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 13,68}{3,14 \cdot 30} = 145,2$$

Найблища стандартна частота по паспорту станка , тому виправимо значення швидкості:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 145}{1000} = 13,6$$

Знаходимо окружну силу при фрезеруванні по формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{i\phi} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,1^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 30^1 \cdot 2}{30^{0,86} \cdot 145^0} \cdot 0,93 = 53 \text{ Н}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величини інших складових сили різання найдем через окружну силу.

Горизонтальна сила (подачі) .

Вертикальна сила .

Радіальна сила

Осьова сила .

ВИСНОВКИ

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення з'єднувальної половини було виконано наступне:

- враховували службове призначення половини муфти та її конструктивні особливості;
- проаналізовано технологічність напівзв'язної половини та її заготовки;
- складено орієнтовний план поверхонь половини зчеплення; визначено вид виробництва;
- спосіб виготовлення заготовки;
- обрані моделі металорізальних верстатів, пристроїв та інструментів;
- розраховуються припуски на обробку найбільш критичних поверхонь;
- розраховані умови різання для обробки найбільш критичної поверхні;
- визначені норми часу на виконання найбільш критичної поверхні;
- складена карта маршруту (МК), оперативна карта (ОК) та карта ескізу (КЕ).
- креслення деталі та заготовки, креслення оперативного процесу.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Study on Wear Properties of the Flow Parts in a Centrifugal Pump Based on EDEM–Fluent Coupling. Si Huang. Received: 21 June 2019;
2. Dynamic Characteristics of a Vibrating Flip-Flow Screen and Analysis for Screening 3 mm Iron Ore. Chi Yu, Xinwen Wang , Kunfeng Pang, Guofeng Zhao, and Wenpeng Sun. Received 15 December 2019;
3. Conditions of gas–solid two-phase flow formed in a vertical screw conveyor. Sun Xiaoxia , Meng Wenjun and Yuan Yuan. Date received: 13 August 2017;
4. Transient numerical simulation for solid-liquid flow in a centrifugal pump by DEM-CFD coupling. Si Huang, Xianghui Su & Guangqi Qiu. Published online: 11 Sep 2015.
5. A study on the breakage properties of geological materials using particle flow simulation. Article: September 2007
6. Теория и практика экструзии полимеров. Ким. В.С. «Химия», «КолосС». Москва, 2005 год. 556 с.
7. Технологии переработки полимерных материалов методами экструзии и литья под давлением. Ю. В. Перухин. Казань : Изд-во КНИТУ, 2015
8. Экструзия полимеров и литье под давлением. Панов Ю.Т. ЮРАЙТ. 2016. 131 ст.
9. Современные технологии и оборудование экструзии полимеров. Н. Н. Тихонов, М. А. Шерышев. 2019. 256 ст.
10. Карвацький А.Я., Мікульонок І.О., Борщик С.О., Караулова В.О. "Моделювання механічних властивостей армованих полімерних матеріалів пакувального призначення". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"*.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2018. N 1. С. 24-32. DOI:10.20535/2306-1626.1.2018.143371.

11. Prof. Jerzy Rojek, Ph.D., Dr. Habil., Eng. Szymon Nosewicz, Ph.D., Eng., New formulation of the discrete element method with deformable particles, 2019, p.28-31.

12. P.A. Cundall and O.D.L. Strack. A discrete numerical method for granular assemblies. *Geotechnique*, 29:47–65, 1979.

13. Potyondy D. O. and Cundall P. A, A bonded-particle model for rock, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 41, 1329-1364 (2004)

14. Alberto Di Renzo, Francesco Paolo Di Maio, Comparison of contact-force models for the simulation of collisions in DEM-based granular flow codes, *Chemical Engineering Science*, 59 525 – 541, (2004)

15. Zhang and Whitten, The calculation of contact forces between particle using spring and damping models, *Powder Technology*, 88:59-64 (1996)

16. A.O. Raji, Discrete Element Modelling of the Deformation of Bulk Agricultural Particulates, Department of Agricultural and Environmental Sciences at the University of Newcastle upon Tyne (1999).

17. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни „Технологія машинобудування” для студентів факультету хімічного машинобудування та поліграфічного факультету (Укл. С. С. Добрянський, В. К. Фролов, В. Л. Шестаков) – К.: КПІ, 1996. – 78 с.

18. Щербина В.Ю., Чемерис А.О., Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 38 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664>

19. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах Т1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд. переработанное и дополненное – М.: Машиностроение. 1986г. – 656 с.

20. Справочник приспособления: Справочник. В 2-х томах. Под ред. Б.Н. Вардашкина, Т1 : М.: Машиностроение. 1984г. – 592 с.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Справочник приспособления: Справочник. В 2-х томах. Под ред. Б.Н. Вардашкина, Т2 : М.: Машиностроение. 1984г. – 656 с.

22. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.

23. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., Єфименко Є.А.. "Дослідження напружено-деформованого стану обертового теплового агрегату". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2018. N 1. С. 65-72. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143382](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143382)

24. Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Кушнір М.С., Івіцький І. І. "Моделювання гомогенізації розплавів термопластів у бар'єрному змішувачі з урахуванням ефекту пристінного проковзування". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2016. N 1, С. 45-50. doi:<http://dx.doi.org/10.20535/2306-1626.1.2016.77907>

25. Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Олексишен В.О.. "Моделювання течії розплавів полімерів за наявності низьков'язкого пристінного шару". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2019. N 1. С. 35-40. DOI: [10.20535/2617-9741.1.2019.171033](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171033)

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця розглянутих патентів

№ п.п	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, Організація, автор	Суть заявленог Технологічного рішення та ціль його створення

Лістинг програм розрахунку

```

namespace Prog
{
    class Program
    {
        const double Pi = 3.14;
        const double e = 3.6; // ширина витка
        const double DeltaP = 19.53;
        const double cosFi = 0.907967; // косинус кута нахилу лінії нарізки
        const double h2 = 1.5; // глибина нарізки в зоні дозування
        const int ld = 315; // довжина зони дозування
        const int Muk = 825; // вязкість матеріалу
        const int n = 60; // Кількість обертів за хвилину
        const int t = 45;
        static void Main(string[] args)
        {
            for (int D = 0; D < 100; D++)
            {
                double I = FirstPartI(D) + SecondPartI(D); // Коефіцієнт
                double NOne = FirstPartNOne(D, I) + SecondPartNOne(D, alfa(D)); //
Потужність
                Console.WriteLine($"Диаметр = {D}          N1 = {NOne.ToString("0.0000")}
I = {I.ToString("0.0000")}    alfa = {alfa(D).ToString("0.0000")}");
                using (StreamWriter stream = new StreamWriter("Report.csv", true,
Encoding.Default))
                {
                    stream.WriteLine($"{D};{NOne};{I};{alfa(D)}");
                }
                Console.ReadKey();
            }
            static double alfa(int D) => (Pi * D * h2 * (t - e) * cosFi) / 2; // розрахунок
коефіцієнту прямого потоку розплаву у каналі черв'яка
            static double FirstPartI(int D) => (((Math.Pow(Pi, 2)) * (Math.Pow(D, 2))) - (4 *
(Math.Pow(t, 2)))) / (Math.Pow(Pi, 2));
            static double SecondPartI(int D) => ((Math.Pow(Pi, 2)) * (Math.Pow(D, 5))) /
((Math.Pow(t, 2)) + ((Math.Pow(Pi, 2)) * (Math.Pow(D, 2))));
            static double FirstPartNOne(int D, double I) => (((Math.Pow(Pi, 3)) * (t - e) *
ld * I * Muk * (Math.Pow(n, 2))) / (136 * t)) * (Math.Pow(10, -13));
            static double SecondPartNOne(int D, double alfa) => ((alfa * DeltaP * n) / 6) *
(Math.Pow(10, -5));
        }
    }
}

```

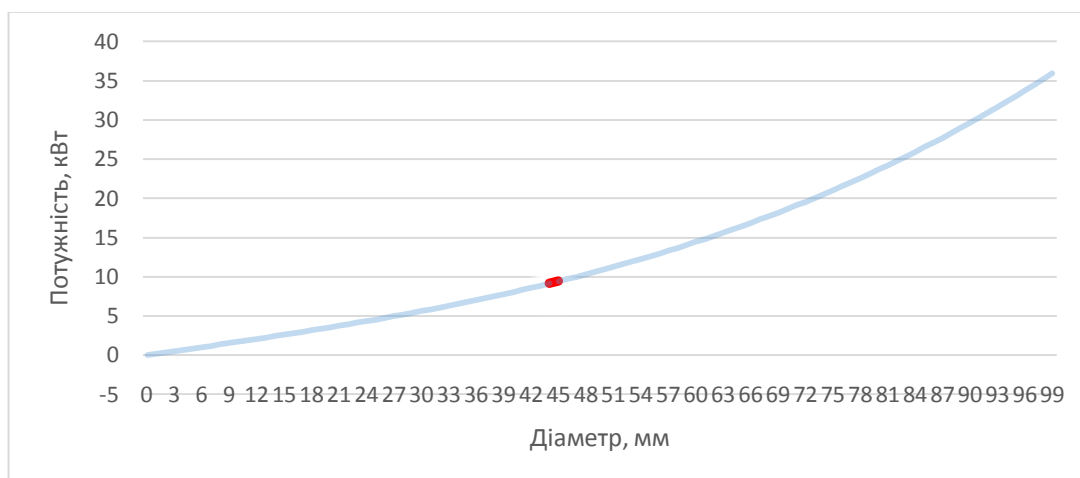


Рис. 1. - Залежності потужності пресу від діаметру шнека

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

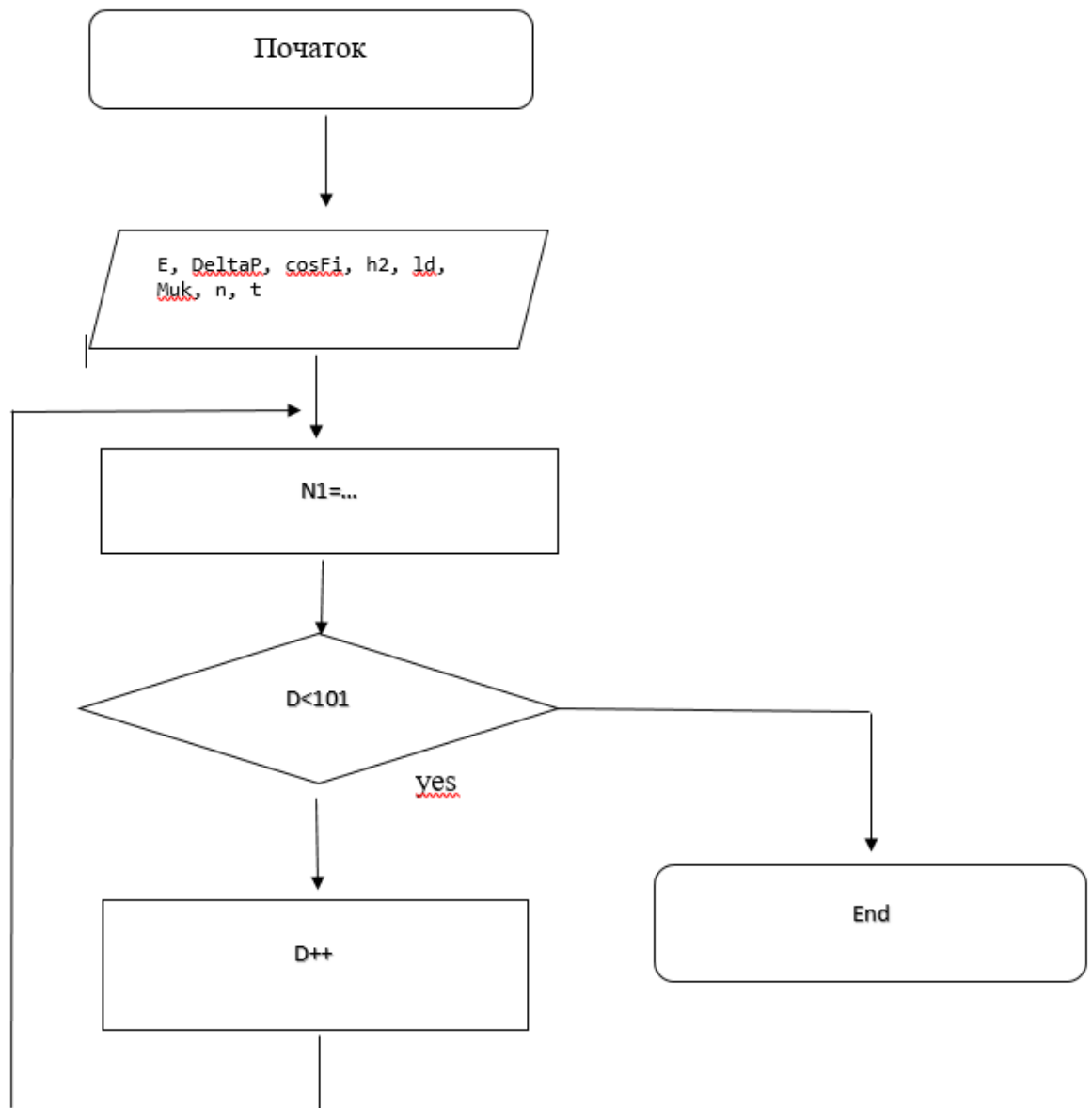


Рис. 2. – Блок-схема алгоритму розрахунку залежності потужності приводу від діаметру шнека

Специфікації

[illegible]

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Форма	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
А			ЛП61-1.002.09-70 СП	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	ЛП61-1.002.09.01-70	Корпус	1	
		2	ЛП61-1.002.09.02-70	Призма	1	
		3	ЛП61-1.002.09.03-70	Прижим	2	
		4	ЛП61-1.002.09.04-70	Гідроциліндр	1	
		5	ЛП61-1.002.09.05-70	Кільце розжимне	1	
		6	ЛП61-1.002.09.06-70	Втулка	1	
		7	ЛП61-1.002.09.07-70	Шток циліндра	1	
		8	ЛП61-1.002.09.08-70	Вилка	1	
		9	ЛП61-1.002.09.09-70	Прихват	2	
		10	ЛП61-1.002.09.10-70	Вісь	2	
		11	ЛП61-1.002.09.11-70	Проушина	1	
		12	ЛП61-1.002.09.12-70	Шпонка	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Аіёои АІÑÒ 7798-70		
		1		Болт М8х1х18	2	
		1		Болт М8х1х20	2	
		1		Болт М8х1х25	2	
		1		Болт М12х1,25х40	3	
		1		Болт М12х1,25х50	1	
		2		Болт М16х1,5х65	1	

					ЛП31.097242.009.09-70 СП		
Зм.	Лис.	№	Підпис	Дата			
Розробив					Гідравлічні лещата для фрезерування отвору	Лист.	Аркв.
Перевір							Аркв.пів
Керівн							
Н.							

								Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

<i>Замб.</i>				
--------------	--	--	--	--

[illegible]

Тези

УДК 669.715

Числове моделювання поведінки потоку полімерних гранул

Горобчук В.М., студент; Горобчук Я.М., студент; Гондляр О.В. проф., д.т.н
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Проведено числове моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера. В результаті чисельного моделювання в системі EDEM отримано еволюцію руху частинок у робочій зоні екструдера. Встановлено, що в зоні заправки спостерігається поступовий рух частин вздовж робочої зони екструдера, а на підході до зони пластикації відбувається ущільнення часток. Приведено графіки залежності зміни сили стискування часток у часі.

Ключові слова: екструдер, метод дискретних елементів, полімерні гранули.

В роботі числове моделювання поведінки потоку полімерних гранул розглядається в рамках загальних співвідношень методу дискретних елементів. Поступальний і обертальний рух дискретних елементів описується за допомогою рівнянь Ньютона-Ейлера. Для i -го елемента у цьому випадку записується відома система рівнянь [1,2]:

$$m_i \ddot{\mathbf{u}}_i = \mathbf{F}_i, \quad (1)$$

$$J_i \dot{\boldsymbol{\omega}}_i = \mathbf{T}_i, \quad (2)$$

де: \mathbf{u}_i - зміщення центрального елемента в фіксованій (інерційній) системі координат x_i , $\boldsymbol{\omega}_i$ - кутова швидкість, m_i - маса елемента, \mathbf{F}_i - результуюча сила, \mathbf{T}_i - результуючий момент щодо центральних осей, J_i - момент інерції. Оскільки в роботі розглядається потік полімерних сферичних частинок, то момент інерції визначається згідно формули:

$$J_i = \frac{2}{5} m_i R_i^2, \quad (3)$$

Пружна, контактна взаємодія двох сферичних частинок здійснюється за відомою формулою Герца [3], а саме;

$$F_{n,j}^e = \frac{4}{3} \frac{E_i E_j}{(1 - \nu_i^2) E_j + (1 - \nu_j^2) E_i} \sqrt{\frac{R_i R_j}{R_i + R_j}} \delta_{ij}^{\frac{3}{2}}, \quad (4)$$

де: E_i , ν_i , R_i – модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона та радіус i -ої частинки відповідно, δ_{ij} – це величина фіктивного проникнення однієї частки в іншу яка визначає радіус контакту.

Для моделювання потоку полімерних часток в цій роботі, використовуються частинки радіусом 0.012 м та радіусом контакту 0.015 м (рис. 1). Отримання чисельних результатів по дослідженню процесу руху часток в робочій зоні екструдера виконано на базі системи EDEM [4]. Для моделювання взаємодії часток використана контактна модель «Hertz-Mindlin with Bonding» [5], яка дозволяє прослідити не тільки процес контактної взаємодії, але й моделює склеювання частинок за заданими властивостями адгезійного слою.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

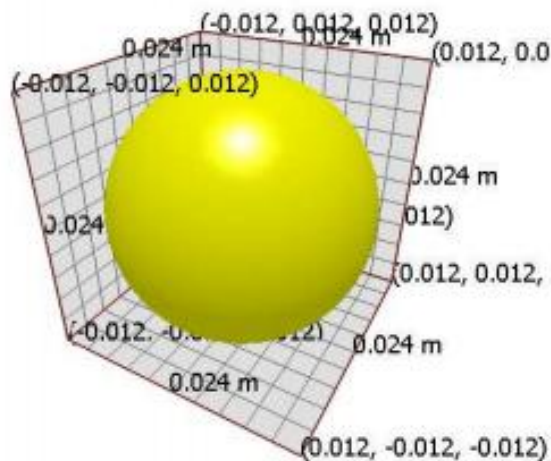


Рис. 1. Геометричні параметри сферичної частинки

В результаті чисельного моделювання в системі EDEM отримано еволюцію руху частинок у робочій зоні екструдера. В зоні загрузки (рис. 2, а) спостерігається поступовий рух частин вздовж робочої зони екструдера, а підході к зоні пластикації (рис. 2, б) відбувається ущільнення часток.



Рис. 2. Рух часток полімеру вздовж шнека екструдера

На рис. 3 приведено параметри адгезійного контакту між полімерними частинками, де: «Normal stiffness per unit area» - це жорсткість на розтяг/стиск уздовж основної осі зв'язку, «Shear stiffness per unit area» - це зсувна жорсткість в ортогональній площині до основної осі зв'язку, «Critical Normal stress» - максимальне нормальне напруження, яке може витримати зв'язок до того, як не вийде з ладу, «Critical shear stress» - це максимальне тангенціальне напруження, яке може витримати зв'язок до того, як не вийде з ладу, «Bonded disk radius» - це радіус зв'язку між частинками.



Рис. 3. Параметри адгезійного контакту часток

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті моделювання цього процесу за контактною моделлю «Hertz-Mindlin with Bonding» в процесі ущільнення через 5 секунд з моменту завантаження в робочій зоні екструдера, утворюються адгезійні зв'язки між частками, які схематично відображені на рис. 4.

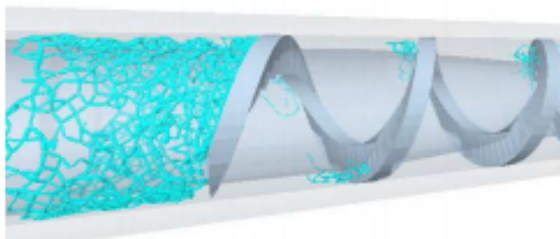


Рис. 4. Зв'язки що утворюються внаслідок ущільнення часток полімерів

Процес ущільнення а також встановлення зв'язків веде до істотного збільшення сили обтиску між частинками, що фіксується на діаграмі зміни тиску (рис. 5) після 5 секунд.

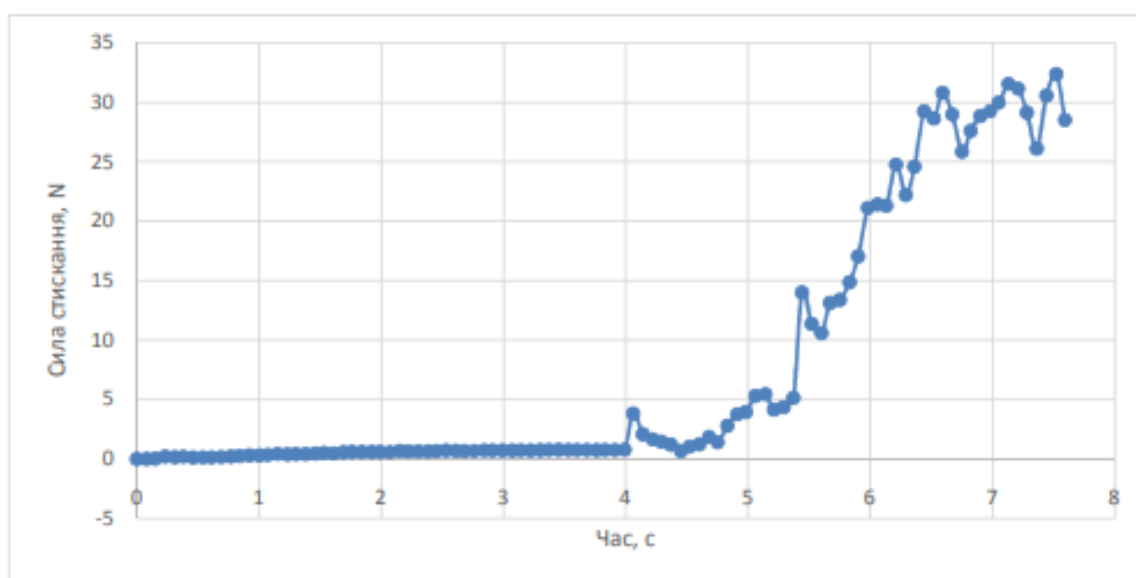


Рис. 5. Графік зміни сили стисання часток у часі

Література:

1. Prof. Jerzy Rojek, Ph.D., Dr. Habil., Eng. Szymon Nosewicz, Ph.D., Eng., New formulation of the discrete element method with deformable particles, 2019, p.28-31.
2. P.A. Cundall and O.D.L. Strack. A discrete numerical method for granular assemblies. Geotechnique, 29:47–65, 1979.
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Механика_контактного_взаимодействия
4. Ning, Z et al; *Discrete element simulation of impact breakage of lactose agglomerates*, Advanced Powder Technology, Vol.1:15-37. (1997)
5. Potyondy D. O. and Cundall P. A, *A bonded-particle model for rock*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 41, 1329-1364 (2004)

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деформаційні властивості полімерних гранул

Горобчук В.М., студент; Горобчук Я.М., студент; Гондях О.В. проф., д.т.н
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Проведено числовий аналіз деформування полімерної сферичної гранули. В результаті чисельного моделювання в системі APROKS отримано еволюцію змін еквівалентних напружень за Мізесом у сфері в залежності від рівня навантаження. Встановлено, що для коректне чисельне моделювання на базі методу скінчених елементів необхідно виконувати у фізично- та геометрично нелінійній постановці. Показано якісне узгодження з експериментальними даними.

Ключові слова: полімерні гранули, метод скінчених елементів, пластичне деформування.

Розрахунок полімерної сфери на міцність виконаний в рамках програмного забезпечення APROKS, яке розроблене кафедрою ХПЧМ КПІ [1-3]. На базі системи APROKS проведений розрахунок сферичної частинки та розроблена її розрахункова схема. Для цього на мові програмування Fortran написана програма координат користувача та підключена в бібліотеку програм координат системи APROKS. Модель яку отримали, на базі створеної програми, приведена на рис. 1.1. Сферична частинка завантажена на полюсах вимушеними переміщеннями для імітації контактної навантаження (рис. 1.2).

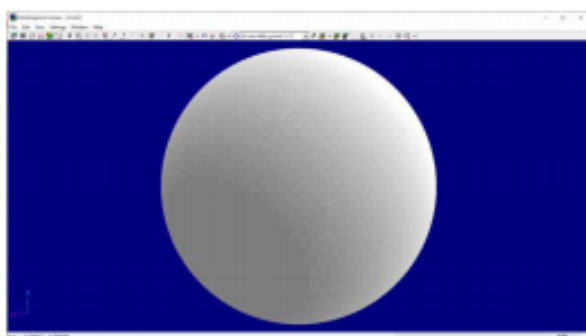


Рис. 1.1. Загальний вид сферичної частинки

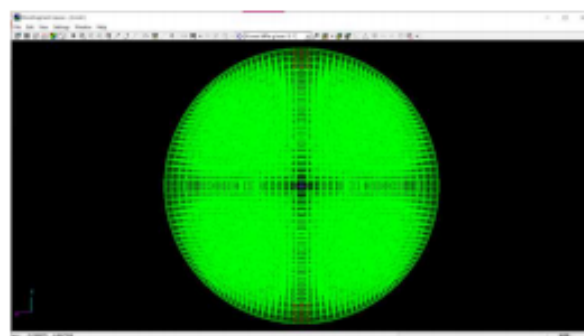


Рис. 1.2. Умови навантаження сферичної частинки

В якості розрахункової схеми сфери прийнята її 1/8 частина з урахуванням граничних умов, що забезпечують умови симетричного напруженого стану (рис. 1.3).

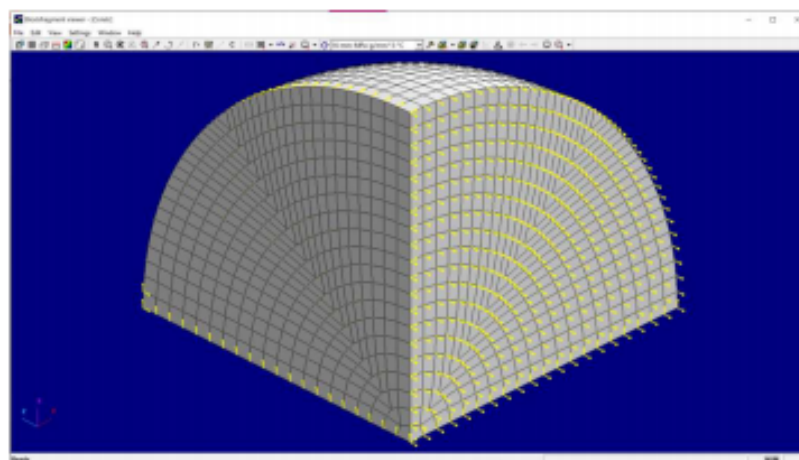


Рис. 1.3. Розрахункова схема сферичної частинки

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сфера виконана з полімерного матеріалу Tescamid 66, властивості якого приведені в табл.1.1. Діаграма пластичності наведена на рис. 1.3.

Табл.1.1. Фізико-механічні характеристики Tescamid 66

Модуль упругости (испытание на растяжение)	3500	Mпа
Предел прочности	85	Mпа
Предел прочности при растяжении	84	МПа
Тепловое расширение (CLTE), 23 - 60 * C (DIN EN ISO 11359-1	11	[10-5 K-1]
Тепловое расширение (CLTE), 23 - 100 * C (DIN EN ISO 11359-	12	[10-5 K-1]
Удельная теплоемкость	1,3	[J / (g*K)]
Теплопроводность	0.36	[W/(m*K)]

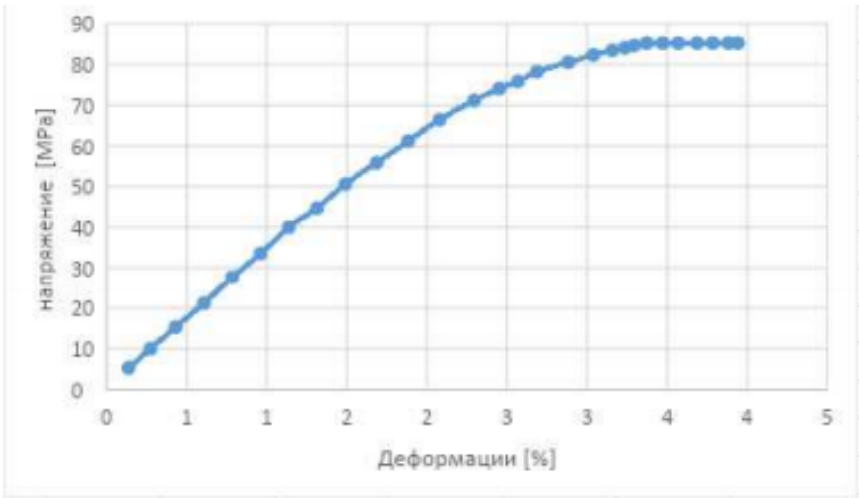


Рис.1.4. Діаграма пластичності Tescamid 66

Розрахунок сфери виконувався в декількох постановках:

1. Лінійний розрахунок;
2. Геометрично нелінійний розрахунок;
3. Фізично-нелінійний розрахунок (пластичне деформування);
4. Спільний фізично- та геометрично нелінійний розрахунок.

Результати розрахунків приведені на рис. 1.5.

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок про те що, коректне моделювання напруженого деформівного стану сфери потрібно виконувати в спільній геометрично та фізично-нелінійній постановці.

Історія розповсюдження зон пластичності в полімерній сферичній гранулі в залежності від рівня навантаження приведена на рис.1.6. Аналіз цих результатів дозволяє зробити висновок про наявність суттєвих зон пластичних деформацій, що зумовлено нелінійною діаграмою деформування матеріалу TECAMID 66 згідно рис. 1.4.

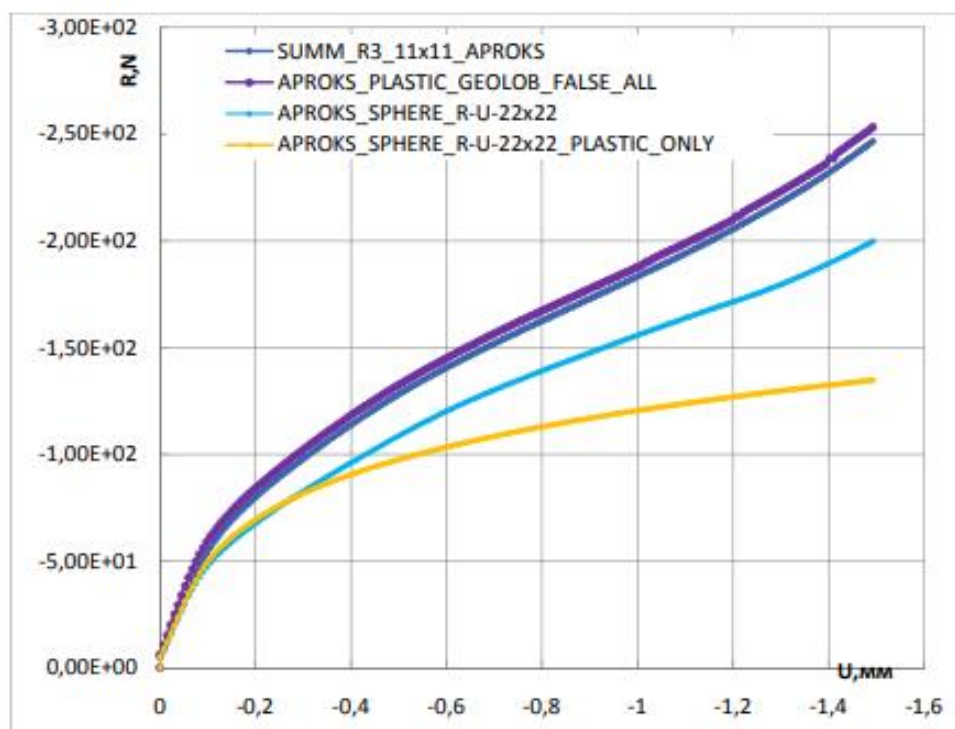


Рис. 1.5. Залежність усередненої реакції (R, N) по площині контакту від рівня зовнішнього навантаження (U, мм)

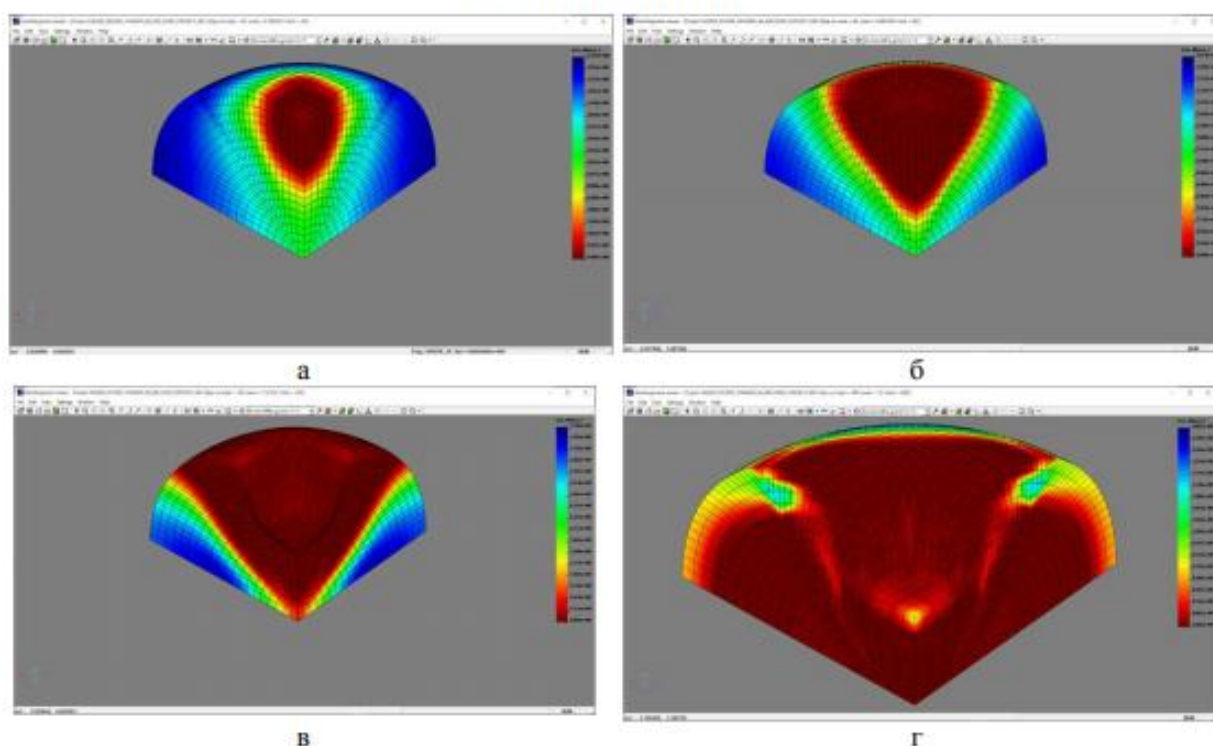


Рис. 1.6. Еволюція змін еквівалентних напружень за Мізом у сфері в залежності від рівня навантаження (а - U = 0.1 мм; б - U = 0.2 мм; в - U = 1 мм; г - U = 1.5 мм)

На рис. 1.7 наведені дані, отримані в результаті експерименту по обтисненню сфери жорстким штампом які представленні Технічним університетом Кайзерслаутерна (Німеччина).

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Порівняння діаграми «реакція - переміщення» (Рис. 1.8) в центральній точці сфери свідчить про якісне узгодження експериментальних та чисельних досліджень.

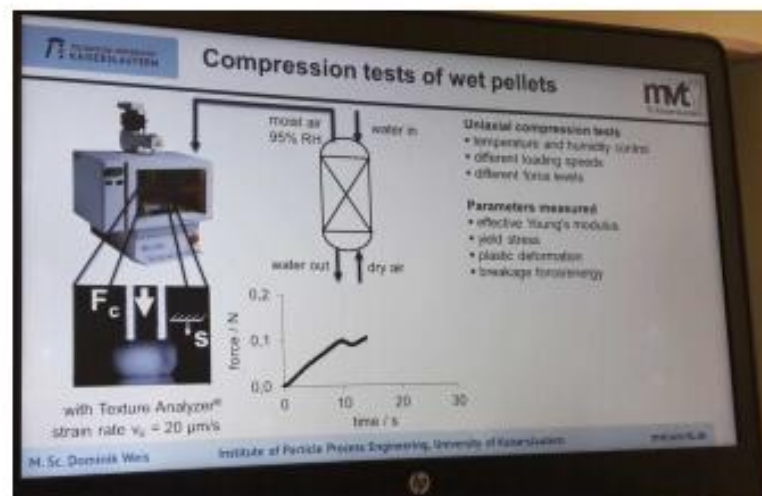


Рис. 1.7. Результати Технічного університету Кайзерслаутерна

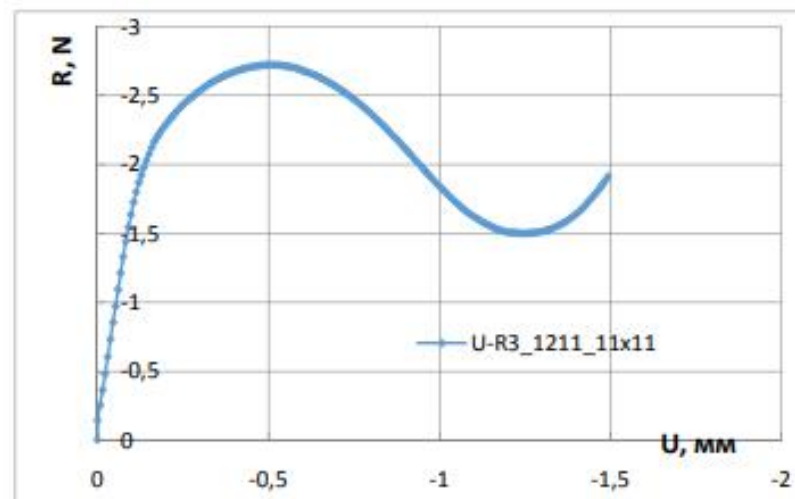


Рис. 1.8. Реакція в центральній точці контакту

Література:

1. Sakharov A.S., Gondlyakh A.V., Mel'nikov S.L., Snitko A.N. Numerical modeling of processes of failure of multilayered composite shells. Mechanics of Composite Materials. May 1989, Volume 25, Issue 3, pp 337–343. DOI: 10.1007/BF00614801 EID: 2-s2.0-0024756009. Springer, Scopus - Elsevier
2. Gondliakh A.V. Refined model of multilayer structures deformation for progressive destruction processes study. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol 2, No 7(56) (2012), pp. 52-57. <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3759/3519>.
3. Gondliakh A.V. Adaptation in ABAQUS of the iterated-analytical multilayer user finite element // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. №7 (57), 2012, v. 3, pp. 62-68, <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/4065>.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність, споживана в гвинтовому каналі екструдера в зоні дозування

Горобчук В.М., Сідоров Д.Е., к.т.н., доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Виконано оцінювання потужності яка витрачається у гвинтовому каналі шнека екструдера в залежності від його типорозміру.

Основні витрати потужності в зоні дозування екструдера припадають на деформацію та переміщення перероблюваного розплаву полімеру у гвинтовому каналі шнека (див., наприклад, [1]):

$$N = \frac{\pi^3 \cdot (t - e) \cdot l_d \cdot I \cdot m \cdot n^2}{136 \cdot t} 10^{-13} + \frac{\alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6} 10^{-5}$$

де: t – крок витків шнека; e – ширина витка; l_d – довжина зони дозування; n – кількість обертів (за хвилину), m – ефективна в'язкість розплаву полімеру, α та I – геометричні коефіцієнти, які залежать від типорозміру екструдера.

Зведені розрахункові дані за методиками [2] для залежності витрат потужності N в гвинтовому каналі шнека в зоні дозування від застосованого діаметру шнека d (типорозміру екструдера) наведені на рис. 1. Застосовувалося умовне значення в'язкості m розплаву полімеру, що приблизно відповідало в'язкості ПЕНГ при температури переходу до в'язкоплинного стану.

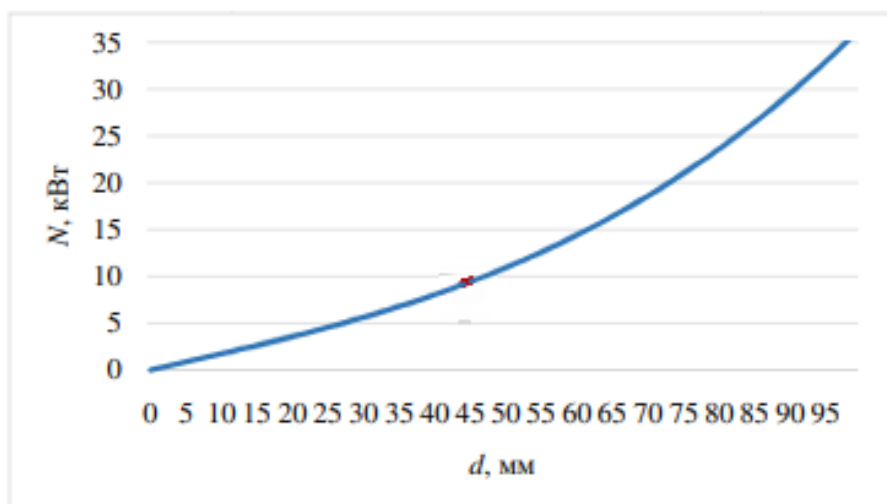


Рис. 1. Залежність витрат потужності N в гвинтовому каналі шнеку в зоні дозування від діаметру шнека d

Як видно з рис. 1, витрати потужності зростають прогресуючи. За умови значних величин в'язкості, що умовно були прийняті для розрахунків, наприклад, при діаметрі шнека 45 мм, втрати потужності у гвинтовому каналі у зоні дозування дорівнюють 9,42 кВт. Якщо типорозмір екструдера збільшити до діаметра шнека 90 мм, то слід очікувати підвищення потужності до 28 кВт.

Література

1. Лукач Р.Э., Петухов А.Д., Сепатос В.А., Оборудование для производства полимерных плёнок., М., Машиностроение, 1981., с. 222.
2. Сідоров Д.Е. Основи інженерних розрахунків на ПЕОМ. Програмування алгоритмічною мовою Фортран. 2-ге вид. Навч. посіб. / Д.Е. Сідоров, І.О. Казак. – К.: «Центр учбової літератури», 2016. – 185 с.